

SYSTEMS ENGINEERING DESKUNDIGHEID BIJ GROTE GWW-PROJECTEN BINNEN DURA VERMEER



Dennis van 't Ende
Kampen, juni 2008



Colofon

Studie

Universiteit Twente
Faculteit Construerende Technische Wetenschappen

Begeleider:

dr. ir. R.S. de Graaf

Opdrachtgever

Dura Vermeer Divisie Infra
BU Grote Projecten

Begeleider:

ing. M.J.L. Schwarte

Auteur

D. van 't Ende

Telefoon: 06 - 41 85 86 87
E-mailadres: d.vantende@student.utwente.nl

Voorwoord

In dit voorwoord wil ik graag de mensen bedanken die mijn geholpen hebben bij het uitvoeren van mijn onderzoek. Ten eerste zijn dat mijn begeleiders de heer Michel Schwarte namens Dura Vermeer en de heer Robin de Graaf namens de Universiteit Twente. Ook wil ik via deze weg de heer Marco Kok bedanken voor zijn begeleiding tijdens de eerste drie maanden van mijn onderzoek. Hiernaast wil ik de projectmanagers en systems engineers binnen Dura Vermeer bedanken voor hun bereidheid voor het afnemen van de interviews en voor het verschaffen van duidelijke en soms opmerkelijke inzichten voor het verklaren van de toepassing van de Systems Engineering methodiek. Als speciale vermelding wil ik ook Gerwin Booms bedanken, die mij bijna vijf maanden lang van en naar mijn stageplek in Kampen heeft gereden, waarbij er altijd tijd was voor goede gesprekken.

Ik hoop dat u dit rapport met plezier zult lezen en wellicht tot nieuwe inzichten komt die van praktisch nut kunnen zijn.

Dennis van 't Ende

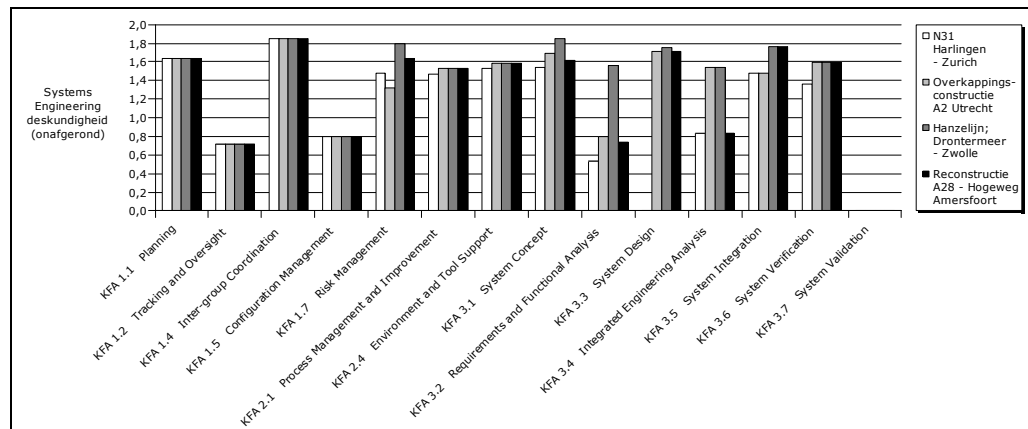
Kampen, juni 2008

Samenvatting

Tot nu toe wordt bij Dura Vermeer Divisie Infra, BU Grote Projecten bij ieder nieuw project door de verantwoordelijke projectmanager zelf het wiel uitgevonden met betrekking tot de toepassing van de Systems Engineering methodiek. Er is geen algemene werkwijze voorhanden binnen Dura Vermeer die voorschrijft op welke wijze de Systems Engineering methodiek moet worden toegepast. Dit brengt twee negatieve effecten met zich mee. Ten eerste zijn de projectrisico's en -kosten hoger en ten tweede worden er geen langetermijn leereffecten gegenereerd. Door het eerste effect heeft Dura Vermeer enerzijds een hogere kans dat de opdracht niet gegund wordt en anderzijds een hogere kans op faalkosten tijdens de uitvoeringsfase. Door dit tweede effect loopt Dura Vermeer het risico dat zij in de nabije toekomst niet behoort tot de top van de Nederlandse hoofdaannemers in de GWW-sector, waardoor zij van mening is dat zij niet de slag kan maken naar de rol van general contractor. Een onderzoek waarin analyseresultaten worden geleverd die de Systems Engineering deskundigheid verklaren bij grote infrastructurele projecten op basis van geïntegreerde contractvormen binnen Dura Vermeer kan dus van grote waarde zijn bij het opstellen van een algemene werkwijze voor de toepassing van de Systems Engineering methodiek en zal kunnen bijdragen aan het reduceren van de projectrisico's en -kosten en aan het genereren van langetermijn leereffecten binnen de organisatie. Hieruit volgt rechtstreeks de doelstelling van het onderzoek.

Het doel van het onderzoek is het analyseren van de Systems Engineering deskundigheid bij grote infrastructurele projecten op basis van geïntegreerde contractvormen binnen Dura Vermeer, door huidige projecten te vergelijken met de Systems Engineering theorieën.

Voor het meten van de Systems Engineering deskundigheid wordt gekozen voor het SECAM van INCOSE (INCOSE, 1996). De onderzoeker stemt het SECAM af op de behoeften en de benodigdheden en de beschikbare projecten binnen Dura Vermeer en draagt er zorg voor dat de speerpunten uit de Leidraad voor Systems Engineering binnen de GWW-sector' (ProRail & Rijkswaterstaat, 2007) worden meegenomen bij het onderzoek. Vervolgens wordt de dataverzameling en -verwerking geoperationaaliseerd. De gemeten Systems Engineering deskundigheid per project op basis van de interviews wordt vervolgens gepresenteerd in Figuur i. Voor het leveren van verklaringen voor de gemeten Systems Engineering deskundigheid worden dan op basis van de casebeschrijvingen kenmerken van de betreffende cases geïnventariseerd en in tabelvorm gepresenteerd. Dit is zichtbaar in Tabel i.



Figuur i: Systems Engineering deskundigheidsklasse grafiek (onafgerond)

Tabel i: Analyse onafhankelijke variabelen Systems Engineering deskundigheid

PROJECT	N31 Harlingen – Zurich	Overkappingsconstructie A2 Utrecht	Hanzelijn; Drontermeer – Zwolle	Reconstructie A28 – Hogeweg Amersfoort
Opdrachtgever	Rijkswaterstaat	Rijkswaterstaat	ProRail	Rijkswaterstaat
Contractvorm	D&C	D&C	D&C	D&C
Start project (eind tenderfase)	juli 2006	augustus 2006	oktober 2006	februari 2008
Eind project	december 2008	juli 2010	juli 2011	december 2009
Beknopte omschrijving	Verbreden van de N31 Harlingen – Zurich naar een A31.	Overkappen van de A2 bij Utrecht. Vier tunnelbuizen van 1650 m moeten voldoen aan de nieuwe tunnelwet.	Aanleggen van de onderbouw van de Hanzelijn tussen Drontermeer en Zwolle incl. kunstwerken N50 en we-gennet te Kampen.	Verbreden rijksweg A28, incl. kunstwerk bij Amersfoort.
Combinatie	De Eendracht: • Dura Vermeer • Ballast Nedam	DODO: • CKU • Dura Vermeer • Besix • GTI	n.v.t.	n.v.t.
Risicoverdeling combinanten	Beide risicodragend voor het volledige project.	Enkel risicodragend voor eigen onderdeel van het project.	n.v.t.	n.v.t.
Complexiteit organisatiestructuur	gemiddeld	hoog	laag	laag
Aanbiedingsprijs	€ 16,4 mln.	€ 114,5 mln.	€ 57,866 mln.	€ 9,625 mln.
Technische complexiteit	laag	hoog	gemiddeld	laag
Kwaliteit vraagspecificatie	slecht (geen structuur, niet SMART)	slecht (geen structuur, niet SMART, oplossingsgericht)	goed	redelijk (geen structuur, weinig keuzevrijheid overgelaten)
Aanbiedingsontwerp op basis van contracteisen uit de vraagspecificatie	nee	gedeeltelijk	gedeeltelijk	ja
Ervaring projectorganisatie met Systems Engineering	nee	nee	ja	nee (wel hulp)
Systems Engineering ICT-tool	Cradle 5.6 (3SL)	Cradle 5.6 (3SL)	Cradle 5.6 (3SL)	Cradle 5.6 (3SL)
Ingebruikname Systems Engineering ICT-tool	Halfjaar na gunning. (halverwege werkvoorbereiding, reverse engineering)	Halfjaar na gunning. (tijdens begin realisatiefase, reverse engineering)	3 maanden na gunning. (tijdens ontwerpfase, reverse engineering)	Vanaf gunning.
Gebruik Systems Engineering ICT-tool door onderaannemers (incl. ingenieursbureaus)	Nee	• Advin (Dura Vermeer Groep nv) • Arcadis	• Advin (Dura Vermeer Groep nv)	• Advin (Dura Vermeer Groep nv) • Dura Vermeer Beton- en Waterbouw • Siemens • Nacap
Afstand tussen projectkantoor en ingenieursbureau(s)	groot	klein	geen (zelfde pand)	klein
Aantal betrokken ingenieursbureaus	2	2	1	1
Afstand tussen ingenieursbureaus	groot	klein	n.v.t.	n.v.t.
Controle opdrachtgever (in welke mate wordt het proces bewaakt)	laag (niet strikt)	gemiddeld (niet op alle punten strikt)	hoog	onbekend
Ervaren tijdsdruk op project	hoog	hoog	gemiddeld	gemiddeld
Deelname aan organisatiebrede procesverbeteringen	nee	ja	ja	ja (datamodel Cradle komt hier vandaan)
SYSTEMS ENGINEERING DESKUNDIGHEID	1,087	1,303	1,426	1,285

De informatie die aan de basis ligt van de te leveren analysesresultaten is zichtbaar in Tabel i en Figuur i op de vorige pagina. Nu is door de onderzoeker gezocht naar verschillen, overeenkomsten of andere patronen die de gemeten Systems Engineering deskundigheid kunnen verklaren. De resultaten van deze zoektocht zijn hieronder uiteengezet.

Analyseresultaten die de Systems Engineering deskundigheid verklaren:

- De gemeten Systems Engineering deskundigheid voor de KFA's uit de KFA hoofdcategorieën '1.0 Management' en '2.0 Organisation' verschillen nauwelijks tussen de cases. De verklaring hiervoor is dat deze hoofdcategorieën het management van de projecten en de organisatiebrede ondersteuning van het bedrijf bepalen. Omdat het voor de continuïteit van een hoofdaannemer in de Nederlandse GWW-sector van groot belang is dat het management bij ver-

schillende projecten volgens een min of meer vastgelegd stramien verloopt, scoren alle cases hierop gelijk. De organisatiebrede ondersteuning heeft als eigen karakteristiek dat het voor alle cases gelijk moet zijn en dit blijkt dus ook uit de gevonden scores. De enige afwijking in dit geheel wordt gevonden bij KFA '1.7 Risk Management'. De spreiding in de gemeten Systems Engineering deskundigheid hier kan worden verklaard doordat het risicomanagement van de grotere projectrisico's sinds de opkomst van de geïntegreerde contractvormen binnen de Nederlandse GWW-sector worden overgedragen aan de hoofdaannemers. Deze bedrijfsprocessen staan relatief gezien dus nog in hun kinderschoenen, waardoor het mogelijk is dat er nog geen organisatiebrede aanpak voor is;

- De gemeten Systems Engineering deskundigheid voor de KFA's uit de KFA hoofdcategorie '3.0 Systems Engineering' verklaren voor het overgrote gedeelte het verschil in Systems Engineering deskundigheid tussen de betrokken cases. De spreiding in de gemeten Systems Engineering deskundigheid hier kan worden verklaard doordat alle Systems Engineering bedrijfsprocessen zijn geïntroduceerd bij de hoofdaannemers in de Nederlandse GWW-sector sinds de opkomst van de geïntegreerde contractvormen. Deze bedrijfsprocessen staan relatief gezien dus nog in hun kinderschoenen, waardoor het mogelijk is dat er nog geen organisatiebrede aanpak voor is;
- De score van Systems Engineering deskundigheidsniveau 0 'Initial' door KFA '3.7 Validation' verschilt significant van de gemiddeld behaalde score van het Systems Engineering deskundigheidsniveau. Dit is te verklaren doordat validatie niet aan de hoofdaannemers wordt opgelegd middels het contract. De reden hiervoor is dat de publieke opdrachtgevers nog niet durven om een aanbestedingswijze te hanteren waarin erg veel keuzevrijheid voor de hoofdaannemers is opgenomen;
- De significant lagere scores voor KFA '1.2 Tracking and Oversight' en KFA '1.5 Configuration Management' kunnen worden verklaard door de relatief nieuwe bedrijfsprocessen die met deze KFA's gepaard gaan. Beide KFA's moeten aandachtspunten zijn bij het ontwikkelen en implementeren van organisatiebrede bedrijfsprocessen voor de toepassing van de Systems Engineering methodiek;
- De algemene Systems Engineering deskundigheid wordt positief beïnvloed door:
 - De hoogte van de aanbiedingsprijs;
 - De technische complexiteit van het project;
 - De kwaliteit van de vraagspecificatie;
 - De ervaring binnen de projectorganisatie met Systems Engineering;
 - Het gebruik van de Systems Engineering ICT-tool door onderaannemers (incl. ingenieursbureaus);
 - De controle van de opdrachtgever (in welke mate wordt het proces bewaakt);
 - De deelname aan organisatiebrede procesverbeteringen.
- De algemene Systems Engineering deskundigheid wordt negatief beïnvloed door:
 - De afstand tussen het projectkantoor en het ingenieursbureau.

Praktische aanbevelingen voor Dura Vermeer:

- Implementeer een organisatiebrede aanpak voor het gebruik van de Systems Engineering methodiek. Er bestaat op dit moment namelijk een significant verschil tussen de betrokken cases wat betreft de scores van de gemeten Systems Engineering deskundigheid voor de KFA's uit de KFA hoofdca-tegorie '3.0 Systems Engineering' en KFA '1.7 Risk Management'. Dit houdt in dat de Systems Engineering deskundigheid ten aanzien van deze processen en activiteiten binnen Dura Vermeer niet evenredig verdeeld is over de projecten op basis van geïntegreerde contractvormen. Voor het verminderen van de projectrisico's en -kosten en het genereren van langetermijn leereffecten is het bij het opzetten van toekomstige projectorganisaties van groot belang dat de te verwachten Systems Engineering deskundigheid van die projectorganisaties kan worden gegarandeerd en niet significant afwijkt van die van andere projectorganisaties binnen het bedrijf.

Er zijn meerdere aanbevelingen aan te wijzen die dit gezamenlijk kunnen garanderen:

- Er dient er een organisatiebrede aanpak te worden ontwikkeld voor alle processen die plaatsvinden tijdens projecten op basis van geïntegreerde contractvormen. Op deze manier hoeft het spreekwoordelijke wiel niet iedere keer opnieuw te worden uitgevonden. Deze aanpak kan worden opgenomen in het kwaliteitsmanagementsysteem van de organisatie, zodat ook onervaren personeel kan opzoeken hoe de betrokken processen en activiteiten dienen te worden uitgevoerd;
 - Het personeel met ervaring op het gebied van de Systems Engineering methodiek dient gelijkmatig over de projecten te worden verdeeld. Er moet bij het opzetten van iedere projectorganisatie vooraf goed worden nagedacht over hoe de mix van ervaren en onervaren personeel eruitziet en op welke posities binnen de projectorganisatie zij worden geplaatst;
 - Een extra punt van aandacht is de rol van de personen op sleutelposities binnen de projectorganisaties zoals de projectdirecteur en de systems engineer(s). Naast ervaring met de werkwijze dienen deze personen ook te beschikken over de capaciteit om het nut van het gebruik van de Systems Engineering methodiek over te brengen bij het overige personeel.
-
- Bepaal organisatiebreed welk Systems Engineering deskundigheidsniveau Dura Vermeer wil bereiken bij projecten op basis van geïntegreerde contractvormen en zet een meerjarig stappenplan uit waarin staat hoe dit deskundigheidsniveau moet worden bereikt. Op deze manier dwingt Dura Vermeer zichzelf om na te denken over wat de interne meerwaarde kan zijn van de Systems Engineering methodiek en op welke wijze dit het efficiëntst kan worden behaald. De Cradle heavy-user groep die reeds aanwezig is, kan hier een belangrijke rol bij vervullen. De Cradle heavy-user groep zou nog meer slagkracht kunnen krijgen door hen een expliciete status te geven binnen de organisatie. Dit zou bijvoorbeeld onder de noemer van een stafafdeling 'Systems Engineering Development' kunnen plaatsvinden;
 - Leg het gebruik van Cradle 5.6 van 3SL op aan onderaannemers (inclusief ingenieursbureaus). Begin hiermee bij de onderaannemers waarbij de effecten op de projectrisico's en -kosten het grootst zijn en bepaal zelf tot welke klasse onderaannemer het rendabel is. Het kortetermijn voordeel van het gebruik van Cradle door onderaannemers is driedelig. Ten eerste worden er geen conversiefouten gemaakt, omdat binnen een systeem wordt gewerkt. Hierdoor neemt het projectrisico af. Ten tweede worden de onderaannemers verplicht om in-

formatie op de gewenste manier aan te leveren, waardoor eventuele misverstanden eerder aan het licht komen. Ook hierdoor neemt het projectrisico af. Ten derde wordt er op deze manier altijd met de meest recente informatie gewerkt. Ook hierdoor neemt het projectrisico af. Naast deze kortetermijn voordelen zijn er ook langetermijn voordelen. Deze zijn tweeledig. Ten eerste kan het een kostenbesparing opleveren wanneer Dura Vermeer met vaste onderaannemers werkt waarbij alle informatie binnen een systeem wordt beheerd. Ten tweede is het voor Dura Vermeer van strategisch belang dat onderaannemers zo snel mogelijk wennen aan het gebruik van Cradle, zodat deze Systems Engineering ICT-tool zo snel mogelijk een standaard kan worden binnen de grote GWW-projecten, waardoor Dura Vermeer een strategisch voordeel kan behalen ten opzichte van de concurrerende hoofdaannemers;

- Minimaliseer de fysieke afstand tussen het projectkantoor en het ingenieursbureau. In principe kan alle ontwerp-informatie met behulp van Cradle 5.6 worden geleverd, maar in de praktijk blijkt dat het positief is voor de kwaliteit van het ontwerp wanneer er veel formele en informele overleggen plaats kunnen vinden tussen de hoofdaannemer en het ingenieursbureau.

Inhoudsopgave

1	PROJECTKADER	1-1
1.1	INLEIDING	1-1
1.2	DURA VERMEER.....	1-3
2	CONCEPTUEEL ONTWERP.....	2-7
2.1	PROBLEEMSTELLING	2-7
2.2	DOELSTELLING.....	2-7
2.3	ONDERZOEKSMODEL.....	2-7
2.4	VRAAGSTELLING.....	2-8
2.5	KERNBEGRIPPEN	2-10
2.6	ONDERZOEKSSTRATEGIE.....	2-11
3	THEORIE SYSTEMS ENGINEERING DESKUNDIGHEID	3-14
3.1	INLEIDING	3-14
3.2	TOETSINGSCRITERIA SYSTEMS ENGINEERING METHODIEK	3-14
3.3	LEIDRAAD VOOR SYSTEMS ENGINEERING BINNEN DE GWW-SECTOR.....	3-19
3.4	IMPLEMENTATIE TOETSING SYSTEMS ENGINEERING METHODIEK	3-22
4	HUIDIGE SYSTEMS ENGINEERING DESKUNDIGHEID	4-27
4.1	INLEIDING	4-27
4.2	ONDERZOEKSBRONNEN	4-27
4.3	INTERVIEW	4-31
4.4	SECAM	4-34
5	ANALYSE SYSTEMS ENGINEERING DESKUNDIGHEID.....	5-37
5.1	INLEIDING	5-37
5.2	ANALYSEMETHODE	5-37
5.3	ANALYSERESULTATEN	5-38
5.4	CONCLUSIE.....	5-46
6	AANBEVELINGEN	6-48
6.1	AANBEVELINGEN VOOR DURA VERMEER.....	6-48
6.2	AANBEVELINGEN VOOR VERDER ONDERZOEK.....	6-49
7	AFKORTINGEN	7-50
8	BRONNEN	8-51
9	BIJLAGEN.....	9-52
9.1	BIJLAGE 1: AANGEPASTE SECAM VRAGENLIJST	9-52
9.2	BIJLAGE 2: SECAM KFA INFORMATIE	9-82
9.3	BIJLAGE 3: INTERVIEWVRAGEN.....	9-95
9.4	BIJLAGE 4: INTERVIEWRESULTATEN	9-98
9.5	BIJLAGE 5: SEPA's	9-126

1 Projectkader

1.1 Inleiding

Door verschillende redenen wordt er vanuit de rijksoverheid gestuurd op het gebruik van geïntegreerde contracten door publieke opdrachtgevers bij grote projecten in de GWW-sector. Een kenmerk van deze geïntegreerde contractvormen is dat de verantwoordelijkheid voor de ontwikkeling en de realisatie, en in sommige gevallen ook het gebruik (de exploitatie), het beheer en onderhoud en de sloop, van het systeem bij de hoofdaannemer wordt neergelegd. Voorbeelden hiervan zijn D&C en DBFM. Deze geïntegreerde contractvormen brengen grote veranderingen voor de betrokken organisaties met zich mee, zowel aan publieke als aan private zijde.

Omdat deze manieren van aanbesteden meer vrijheid voor de hoofdaannemers met zich meebrengt en de publieke opdrachtgevers niet de spreekwoordelijke kat in de zak willen kopen, wordt hierop geanticipeerd d.m.v. het contract. Rijkswaterstaat en ProRail, de twee grootste publieke opdrachtgevers in de Nederlandse GWW-sector, hebben een groot onderdeel van hun geïntegreerde contracten op hoofdlijnen gestandaardiseerd, te weten de vraagspecificatie. De basis voor deze standaardisatie van de vraagspecificatie waaraan tijdens de ontwikkeling en de realisatie (en evt. het gebruik of de exploitatie, het beheer en onderhoud en de sloop) door de hoofdaannemer aan moet worden voldaan, is te vinden in de Systems Engineering methodiek.

1.1.1 Systems Engineering

In 2007 hebben Rijkswaterstaat en ProRail in nauwe samenwerking met Bouwend Nederland en ONRI de 'Leidraad voor Systems Engineering binnen de GWW-sector' (Leidraad) uitgebracht (ProRail & Rijkswaterstaat, 2007). In deze Leidraad geven Rijkswaterstaat en ProRail hun globale visie op de toepassing van Systems Engineering binnen de Nederlandse GWW-sector. Deze Leidraad is grotendeels gebaseerd op het 'Systems Engineering Handbook versie 3' van INCOSE (INCOSE, 2006). Dit is de International Council On Systems Engineering. INCOSE is sinds 1995 een doorontwikkeling van NCOSE. Dit is de National Council On Systems Engineering en werd in 1990 in de VS opgericht door een aantal bedrijven en overheidsinstellingen als het eerste professionele platform voor Systems Engineering. De taak van NCOSE was om Systems Engineering verder te ontwikkelen en opgedane kennis uit te dragen. Door groeiende internationale belangstelling voor Systems Engineering is de naam in 1995 veranderd in INCOSE.

Het is onmogelijk om een definitief startpunt te geven voor het begin van de ontwikkeling van Systems Engineering, maar de beginselen van de methodiek werden voor het eerst duidelijk gebruikt eind jaren '30 van de vorige eeuw bij de Engelse luchtmacht en door Bell Labs in de telefoniesector van de VS (INCOSE, 2006). Vanaf dat moment heeft Systems Engineering voornamelijk in de VS een ontwikkeling doorgemaakt in de lucht- en ruimtevaartindustrie (ProRail & Rijkswaterstaat, 2007). Maar wat is Systems Engineering nu eigenlijk?

Systems Engineering is een manier om te denken in systemen. Een systeem is een reeks elkaar aanvullende en op elkaar inwerkende delen met eigenschappen die voortkomen uit zowel de verschillende delen als uit de interacties tussen deze delen. Omdat uit de interacties tussen de verschillende delen eigenschappen van het systeem kunnen voortkomen, die geen enkele van de aparte delen zelf bevat, is een systeem complex.

Systems Engineering is ontstaan omdat in het traditionele ontwerpproces het omzetten van klantwensen in een definitief ontwerp een black box is. Systems Engineering breekt die black box open en maakt dit proces transparant voor de opdrachtgever. Systems Engineering richt zich vroeg in de ontwikkelingsfase op de behoeften van de klant en de vereiste functionaliteiten, documenteert de systeemeisen en synthetiseert deze tot een ontwerp. Op alle systeemniveaus vinden verificaties en validaties plaats en uiteindelijk kan daaruit de validatie van het volledige systeem volgen. Op deze manier kan gedurende de gehele levenscyclus van het systeem aan de behoeften van de klant worden voldaan. Systems Engineering is dus geen stuksgewijze ontwerpwijze of systematische engineering benadering, maar een brede, aanpasbare strategie om een doel te bereiken waarbij op elk moment de beste informatie wordt gebruikt die beschikbaar is.

De belangrijkste elementen van Systems Engineering zijn:

- Het op een gestructureerde wijze specificeren van een behoefte;
 - Het op een gestructureerde wijze ontwerpen van een passende oplossing bij de behoefte;
 - Het op een correcte wijze realiseren van deze oplossing;
 - Het op een juiste wijze beheren van de gerealiseerde oplossing;
 - Het op een juiste wijze verifiëren en valideren;
 - Het op een beheerste wijze managen van het gehele systeem gedurende zijn levensduur.
- (ProRail & Rijkswaterstaat, 2007)

1.1.2 Opdrachtgever

Voor de GWW-sector in Nederland is de Leidraad het leidende document wat betreft de toepassing van Systems Engineering. De Leidraad geeft een uitleg op hoofdlijnen van de Systems Engineering methodiek, zoals Rijkswaterstaat en ProRail dit zien. Rijkswaterstaat en ProRail worden op het gebied van aanleg van en onderhoud aan infrastructuur vrijwel direct aangestuurd door de rijksoverheid. Rijkswaterstaat is namelijk de uitvoeringsorganisatie van het ministerie van Verkeer & Waterstaat en ProRail is als privaatrechtelijk zelfstandig bestuursorgaan ingesteld door de Spoorwegwet, waaruit blijkt dat de rijksoverheid ook achter de Leidraad staat. Door het eerder genoemde grote aandeel aan de vraagzijde van de GWW-sector hebben deze twee opdrachtgevers veel invloed op de ontwikkelingen binnen de GWW-sector. Hierdoor, en door de eerder genoemde steun van de rijksoverheid, kan worden aangenomen dat Systems Engineering de standaard aanpak gaat worden bij het op een integrale wijze beheerst realiseren van infrastructurele projecten aan de opdrachtgeverkant. Deze aanpak met behulp van Systems Engineering wordt door ProRail en Rijkswaterstaat door middel van de contractdocumenten opgelegd aan de opdrachtnemer. Wanneer andere grote publieke opdrachtgevers, zoals provincies, waterschappen en grote gemeenten, GWW-projecten op basis van geïntegreerde contractvormen gaan aanbesteden, dan zal de dit hoogstwaarschijnlijk op basis van de Leidraad plaatsvinden.

1.1.3 Opdrachtnemer

In het kader van de bovenstaande ontwikkelingen, zullen bij de opdrachtnemers in de GWW-sector ook veranderingen moeten plaatsvinden in de manier waarop met projecten om wordt gegaan. Er ontstaat een andere relatie tussen de opdrachtgever, het ingenieursbureau en de hoofdaannemer. De grote bouwbedrijven gaan bij de geïntegreerde contracten fungeren als hoofdaannemer die een ingenieursbureau (of meerdere) als onderaannemer heeft. De hoofdaannemer is voor de opdrachtgever het enige aanspreekpunt. De hoofdaannemer wordt in deze nieuwe situatie dus de spin in het web die ervoor moet zorgen dat alle benodigde informatie op het juiste moment op de juiste plaats binnen de projectorganisatie aanwezig is en de bewaker van alle processen die tijdens de duur van het project in de gaten moeten worden gehouden.

Een belangrijke verandering is de manier waarop het ontwerpproces volgens de vraagspecificatie dient te worden ingericht. In de traditionele situatie ontving de hoofdaannemer tijdens de tenderfase het PPT-ontwerp en het RAW-bestek van het ingenieursbureau op basis waarvan een prijs voor het gehele werk moest worden bepaald. De aanbiedingen werden met elkaar vergeleken en in de meeste gevallen (afhankelijk van de aanbestedingsvoorwaarden) werd het werk gegund aan de hoofdaannemer die het project voor de laagste prijs kon realiseren. Na gunning ontving de hoofdaannemer de detailtekeningen van het ingenieursbureau. Bij de geïntegreerde contractvormen ontvangt de hoofdaannemer tijdens de tenderfase de contractdocumenten waarin de product- en proceseisen voor het te realiseren project zijn te vinden. Op basis hiervan moet de hoofdaannemer een PPT-ontwerp en een daarbij horende aanbiedingsprijs bepalen. Het omzetten van de vraagspecificatie naar een PPT-ontwerp en aanbiedingsprijs is een fase waarin Systems Engineering een grote rol speelt, omdat van de eisen uit de vraagspecificatie systeemeisen moeten worden afgeleid op een uitvoeringsgereed detailniveau. Deze afleiding kan bij de ontwerpafdeling van de hoofdaannemer zelf plaatsvinden, maar ook bij een ingenieursbureau in onderaanneming. De wijze waarop de afleiding van deze eisen en het daaruit volgende PPT-ontwerp plaatsvindt en de ontwerpkeuzes die worden gemaakt, moeten echter wel voor alle partijen (incl. de opdrachtgever) inzichtelijk blijven. Na de eventuele gunning moet namelijk op basis van deze eisen verder worden gewerkt. Er dient opgemerkt te worden dat de herleidbaarheid van eisen slechts een facet is van Systems Engineering.

1.2 Dura Vermeer

Dura Vermeer Groep nv als organisatie bestaat sinds 1998 en is voortgekomen uit een fusie tussen Dura bv en Vermeer bv. Dura bv is in 1855 opgericht door Job Dura en heeft zich tussen 1855 en 1998 voornamelijk ontwikkeld in de B&U-sector. Vermeer bv heeft zich daarentegen vanaf de oprichting in 1961 door Piet Vermeer tot 1998 voornamelijk ontwikkeld in de GWW-sector. Omdat beide familiebedrijven hun vooraanstaande marktpositie wilden behouden en omdat hun bedrijfsactiviteiten goed op elkaar aansloten, is in 1998 overgegaan tot een fusie ("Dura Vermeer: Historie", n.d.). Sindsdien is Dura Vermeer Groep nv een van de grootste Nederlandse bouwbedrijven. De omzet over het boekjaar 2006 bedroeg net iets meer dan een miljard euro met een personeelsbezetting van ongeveer 3.300 personen ("Dura Vermeer: Financiën", n.d.).

De missie van Dura Vermeer Groep nv luidt als volgt:

Dura Vermeer is een onderneming in bouw, infrastructuur, engineering en dienstverlening die projecten in opdracht van derden en in eigen beheer ontwikkelt, realiseert en exploiteert. Dura Vermeer wil onderscheidend en vernieuwend te werk gaan en in samenwerking met partijen toonaangevende, integrale en duurzame oplossingen voor uiteenlopende bouwopgaven bieden.

Dura Vermeer wil voortdurend haar kennis en ervaring benutten en uitbouwen om op basis daarvan bij projecten betrokken te kunnen zijn, vanaf de initiatiefase tot en met de beheer- en exploitatiefase. Om dat blijvend te kunnen doen, wordt zorgvuldig en voortdurend gestreefd naar een solide financiële basis.

Voor haar medewerkers wil Dura Vermeer een optimale en stabiele werkomgeving bieden. Een omgeving met ontplooiingskansen, waarin creativiteit en ondernemerschap worden gestimuleerd. Dura Vermeer ziet maatschappelijke betrokkenheid als een vanzelfsprekendheid. Innovatie, een heldere, open en integere stijl van zaken

doen, het naleven van wet- en regelgeving, een transparante organisatiestructuur, inhoud geven aan de eigen gedragscode, zorg voor het milieu, klantvriendelijkheid en duurzaam ondernemen vormen wezenskenmerken van het dagelijks denken en handelen.

(“Dura Vermeer: Missie”, n.d.)

De visie van Dura Vermeer Groep nv is gebaseerd op vier pijlers, te weten:

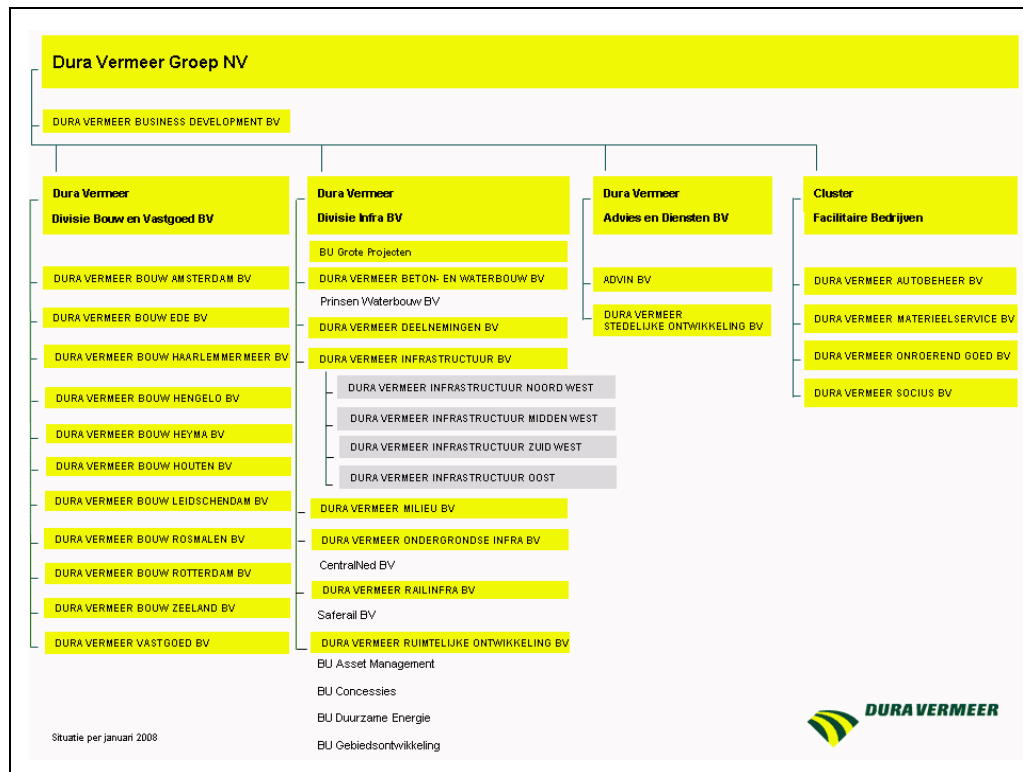
- *Het optimaal beheersen van het bouwproces Als bouwonderneming streven we naar een optimale uitvoering van onze activiteiten en projecten. Dat kan alleen door een grondige kennis van technieken en disciplines en de juiste vakmensen.*
- *Het bevorderen van goede samenwerking tussen alle partijen in het bouwproces. Samenwerking is het vertrekpunt van ons ondernemen, hoe groot of klein een project ook is.*
- *Het aanbieden van totaaloplossingen door middel van integrale aanpak Dura Vermeer staat voor integrale oplossingen door de aanwezigheid van een totaalpakket aan vakgebieden en disciplines in bouw en infrastructuur.*
- *Het stimuleren van creativiteit en innovatie door vroegtijdige betrokkenheid in het bouwproces. Creativiteit en innovatie zitten in de genen van Dura Vermeer en leidt tot betrouwbaarheid, kwaliteit en continuïteit.*

(“Dura Vermeer: Visie”, n.d.)

1.2.1 Organisatiestructuur

De organisatie van Dura Vermeer Groep nv is vanaf januari 2008 opnieuw ingedeeld. Deze indeling is zichtbaar in het organogram in Figuur 1. Zoals uit het organogram te af te leiden valt, is er binnen Dura Vermeer sprake van een vrij platte organisatiestructuur. Dura Vermeer is georganiseerd in een divisie Bouw en Vastgoed, een divisie Infra, een cluster Advies en Diensten en een cluster Facilitaire Bedrijven. Binnen de divisies en clusters bestaat de onderneming uit een dertigtal – in hoge mate – zelfstandig opererende bedrijfsonderdelen die regionaal actief zijn en een grondige kennis hebben van plaatselijke omstandigheden. Uitzonderingen hierop vormen de eigen materieeldienst en het wagonparkbeheer van Dura Vermeer die ondersteunend zijn aan de activiteiten van de onderneming (“Dura Vermeer: Bedrijf”, n.d.). Ook de BU Grote Projecten heeft geen focus op de plaatselijke omstandigheden.

Hiernaast dient nog opgemerkt te worden dat alle bedrijfsonderdelen van Dura Vermeer Groep nv opereren als zelfstandige organisaties. Wanneer bijvoorbeeld Dura Vermeer Infrastructuur bv Oost gebruik wil maken van de diensten en producten van Dura Vermeer Beton- en Waterbouw bv, dan moet daarvoor een offerte worden gemaakt. Tegelijkertijd worden er bij andere beton- en waterbouwbedrijven ook offertes aangevraagd en in bijna alle gevallen wordt het werk gegund aan de goedkoopste aanbieder.



Figuur 1: Organogram Dura Vermeer Groep NV ("Dura Vermeer: Organogram", n.d.)

1.2.2 BU Grote Projecten

BU Grote Projecten is speciaal in het leven geroepen voor de ontwikkeling en de realisatie van grote infrastructurele projecten die op basis van geïntegreerde contractvormen worden aanbesteed. In geld uitgedrukt gaat het in grote lijnen om projecten met een aanbestedingsprijs van € 10 mln. of meer, maar ook de technische complexiteit speelt een rol. BU Grote Projecten is een bedrijfsonderdeel met maar weinig vaste werknemers en de definitieve structuur en de taken ervan moeten nog formeel worden vastgelegd. Het staat echter vast dat er een meer gestructureerde manier van management van de grote infrastructurele projecten op basis van geïntegreerde contracten gaat komen. De Business Unit is sinds 1 januari 2008 officieel opgericht. Tot die datum waren de projecten in kwestie onderdeel van Dura Vermeer Infrastructuur bv Grote Projecten. Tijdens deze periode werd de afdeling Grote Projecten op dezelfde manier aangestuurd als de regionale afdelingen. Het verschil in werkzaamheden tussen de regionale afdelingen en Grote Projecten was een van de redenen om een zelfstandig bedrijfsonderdeel op te richten voor deze grote infrastructurele projecten op basis van geïntegreerde contractvormen. In het geval dat een dergelijk project aan Dura Vermeer werd gegund, werd bij de overige bedrijfsonderdelen van Dura Vermeer Divisie Infrastructuur bv op een zo effectief en efficiënt mogelijke wijze de mankracht vandaan gehaald. Dit zal bij de nieuwe indeling niet veel anders verlopen.

Omdat er geen duidelijke structuur aanwezig was voor het management van de grote infrastructurele projecten op basis van geïntegreerde contracten hebben al deze projecten die tot nu toe zijn of worden uitgevoerd min of meer zelf het wiel moeten uitvinden, wat betreft de implementatie en het gebruik van de Systems Engineering methodiek. Er is geen gestructureerde kennisoverdracht op dit vlak aanwezig geweest, al wil dit niet zeggen dat de projectmanagers onderling geen contact had-

den. In december 2006 is er op basis van het oordeel van een tendermanager die de goedkeuring had van de Raad van Bestuur een keuze gemaakt voor een Systems Engineering ICT-tool als hulpmiddel voor het gebruik van de Systems Engineering methodiek. De keuze is destijds gevallen op Cradle 5.6 van 3SL. Dit programma is sindsdien in meer of mindere mate bij bijna alle projecten in gebruik genomen. Hierdoor is eigenlijk vanzelf een Cradle heavy user groep ontstaan binnen Dura Vermeer, die bestaat uit de medewerkers die zich bij de projecten het meest bezig houden met Cradle. Over het gebruik van Cradle is binnen deze groep veel kennis aanwezig, maar de theoretische kennis over Systems Engineering is niet bij iedereen binnen deze groep aanwezig.

1.2.3 Problemen bij uitvoering van projecten

Binnen BU Grote Projecten worden door de projectmanagers verscheidene problemen aangegeven die zich voordoen bij de toepassing van de Systems Engineering methodiek bij grote infrastructurele projecten op basis van geïntegreerde contractvormen. Hierbij wordt zowel op de tenderfase als op de uitvoeringsfase gedoeld. Tot de uitvoeringsfase worden bij D&C-contracten de ontwikkelingsfase en de realisatiefase gerekend en bij DBFM-contracten worden de gebruiks- of exploitatiefase en de beheer- en onderhoudsfase hier ook betrokken.

Op dit moment wordt, zoals reeds vermeld, bij ieder nieuw project door de verantwoordelijke projectmanager zelf het wiel uitgevonden met betrekking tot de toepassing van de Systems Engineering methodiek. Dit gebeurt deels op basis van ervaring over de informele, algemene werkwijze voor traditionele projecten. Er is geen algemene werkwijze voorhanden binnen Dura Vermeer die voorschrijft op welke wijze de Systems Engineering methodiek moet worden toegepast. Dit brengt twee negatieve effecten met zich mee. Ten eerste zijn de projectrisico's en -kosten hoger en ten tweede worden er geen langetermijn leereffecten gegenereerd. Door het eerste effect heeft Dura Vermeer enerzijds een hogere kans dat de opdracht niet gegund wordt en anderzijds een hogere kans op faalkosten tijdens de uitvoeringsfase. Door dit tweede effect loopt Dura Vermeer het risico dat zij in de nabije toekomst niet behoort tot de top van de Nederlandse hoofdaannemers in de GWW-sector, waardoor zij van mening is dat zij niet de slag kan maken naar de rol van general contractor.

De bovenstaande problemen worden ook gesignaleerd door de Raad van Bestuur van Dura Vermeer. Er wordt hoge prioriteit gegeven aan het invoeren van een algemene werkwijze voor de toepassing van de Systems Engineering methodiek bij grote infrastructurele projecten op basis van geïntegreerde contractvormen. Voor het invoeren van een nieuwe algemene werkwijze is het echter van groot belang dat een duidelijk overzicht aanwezig is van de huidige stand van zaken met betrekking tot de toepassing van Systems Engineering op projecten. Alleen wanneer een dergelijk overzicht aanwezig is, kunnen op een adequate manier aanbevelingen worden geleverd voor de toepassing van de Systems Engineering methodiek binnen Dura Vermeer. Een onderzoek waarin analyseresultaten worden geleverd die de Systems Engineering deskundigheid verklaren bij grote infrastructurele projecten op basis van geïntegreerde contractvormen binnen Dura Vermeer kan dus van grote waarde zijn bij het opstellen van een algemene werkwijze voor de toepassing van de Systems Engineering methodiek en zal kunnen bijdragen aan het reduceren van de projectrisico's en -kosten en aan het genereren van langetermijn leereffecten binnen de organisatie.

2 Conceptueel ontwerp

Het is van belang om het probleem dat in de praktijk wordt ervaren, vast te leggen in een probleemstelling, een daaruit volgende centrale vraagstelling en een doelstelling. De onderzoeksvragen kunnen worden afgeleid van deze doelstelling. Op deze manier wordt de scope van het onderzoek vastgelegd. Het conceptueel ontwerp heeft op deze manier een sturingsfunctie voor de uitvoering van het onderzoek.

2.1 Probleemstelling

Een goede en volledige probleemstelling geeft voldoende aanwijzingen voor de onderzoeksopzet, dat wil zeggen de wijze waarop het onderzoek kan worden uitgevoerd. Anders gezegd: welke specifieke strategieën en methoden kunnen het beste in het onderzoek worden gebruikt (Hart, Boeije & Hox, 2006). De onderstaande probleemstelling geeft het door Dura Vermeer ervaren probleem weer.

Binnen de organisatie van Dura Vermeer ontbreekt het bij grote infrastructurele projecten op basis van geïntegreerde contractvormen aan een hierop toegespitste algemene werkwijze voor de toepassing van de Systems Engineering methodiek.

2.2 Doelstelling

Vanuit het projectkader en de probleemstelling kan nu een doelstelling voor het onderzoek worden opgesteld. Deze doelstelling geeft in globale zin aan welke kennis tijdens dit onderzoek zal worden gegenereerd om tot deze bijdrage te komen (Verschuren & Doorewaard, 2004).

Het doel van het onderzoek is het analyseren van de Systems Engineering deskundigheid bij grote infrastructurele projecten op basis van geïntegreerde contractvormen binnen Dura Vermeer, door huidige projecten te vergelijken met de Systems Engineering theorieën.

Deze doelstelling valt binnen het kader van een diagnostisch praktijkgericht onderzoek. Er wordt namelijk getracht om een analyse te maken van Systems Engineering deskundigheid bij grote Infrastructurele projecten op basis van geïntegreerde contractvormen. Het gevaar bij dit type onderzoek is dat het probleem niet helder is geformuleerd. Dat is hier echter niet het geval en hiernaast is er ook acceptatie van de formulering door de relevante partijen. (Verschuren & Doorewaard, 2004).

2.3 Onderzoeksmodel

Het onderzoeksmodel wordt opgezet volgens het stappenplan van Verschuren & Doorewaard (2004).

Doel:

- *Analyseren Systems Engineering deskundigheid*

Onderzoeksobject(en):

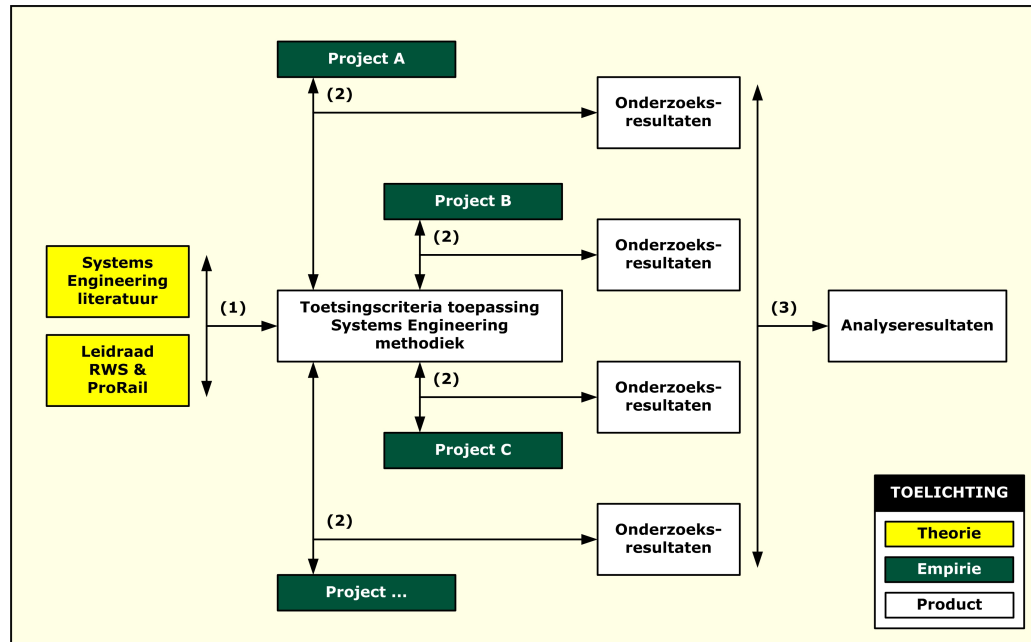
- *Grote infrastructurele projecten op basis van geïntegreerde contractvormen binnen Dura Vermeer*

Aard onderzoeksoptiek:

- *Er wordt gestreefd naar het analyseren van de Systems Engineering deskundigheid bij grote infrastructurele projecten op basis van geïntegreerde contractvormen, gebruikmakend van de Systems Engineering theorieën.*

Ingrediënten:**Kernbegrip**

Systems Engineering theorieën

Theoretisch kaderSystems Engineering literatuur
Leidraad RWS & ProRailVisualisering:**Figuur 2: Onderzoeksmodel**Verwoording:

- **(1)** Een analyse van de Systems Engineering literatuur en de Leidraad voor Systems Engineering binnen de GWW-sector van Rijkswaterstaat en ProRail levert de toetsingscriteria voor het meten van de Systems Engineering deskundigheid bij grote infrastructurele projecten op basis van geïntegreerde contractvormen binnen Dura Vermeer. **(2)** De onderzoeken bij de grote infrastructurele projecten op basis van geïntegreerde contractvormen binnen Dura Vermeer leveren met behulp van de opgestelde toetsingscriteria per project onderzoeksresultaten op. **(3)** Een analyse van deze onderzoeksresultaten levert analyseresultaten die de Systems Engineering deskundigheid verklaren bij grote infrastructurele projecten op basis van geïntegreerde contractvormen binnen Dura Vermeer.

2.4 Vraagstelling

De bij het onderzoeksmodel opgestelde verwoording, wordt opgedeeld in onderzoeksvragen. Deze onderzoeksvragen worden onderverdeeld in deelvragen. Het opstellen van goede onderzoeks- en deelvragen is van groot belang voor de verdere uitvoering van het onderzoek. De onderzoeksvragen dienen een hoge mate van efficiëntie en sturendheid in zich te hebben. Efficiëntie houdt de mate in waarin de kennis die beantwoording aan de vraagstelling oplevert, bijdraagt aan het bereiken van de doelstelling. Deze eigenschap van de vraagstelling houdt een kritische zelfcontrole in, die terugkijkt

naar de doelstelling. Sturendheid houdt de mate in waarin de vraagstelling duidelijk maakt wat er verder in het onderzoek moet gebeuren. Deze eigenschap wijst vooruit naar de verdere uitvoering van het onderzoek en geeft aan welke soort kennis nodig is voor het uitvoeren van het onderzoek en welk materiaal tijdens het onderzoek moet worden verzameld (Verschuren & Doorewaard, 2004).

CV 1 *Op welke wijze zijn met behulp van de Systems Engineering theorieën toetsingscriteria voor het meten van de Systems Engineering deskundigheid bij grote infrastructurele projecten op basis van geïntegreerde contractvormen op te stellen?*

DV 1.1 Welke toetsingscriteria waarmee de Systems Engineering deskundigheid kan worden gemeten, zijn aanwezig binnen de Systems Engineering literatuur?

DV 1.2 Op welke wijze dient volgens de Leidraad voor Systems Engineering binnen de GWW-sector van Rijkswaterstaat en ProRail de Systems Engineering methodiek te worden toegepast tijdens grote infrastructurele projecten op basis van geïntegreerde contractvormen?

DV 1.3 Op welke wijze kunnen de gevonden toetsingscriteria worden afgestemd om de Systems Engineering deskundigheid bij grote infrastructurele projecten op basis van geïntegreerde contractvormen binnen Dura Vermeer te meten?

CV 2 *Welke onderzoeksresultaten worden geleverd door het gebruik van de opgestelde toetsingscriteria voor het meten van de Systems Engineering deskundigheid bij grote infrastructurele projecten op basis van geïntegreerde contractvormen binnen Dura Vermeer?*

CV 3 *Welke analyseresultaten kunnen worden geleverd door de analyse van de gemeten Systems Engineering deskundigheid bij grote infrastructurele projecten op basis van geïntegreerde contractvormen binnen Dura Vermeer?*

DV 3.1 Op welke wijze kunnen de onderzoeksresultaten van de gemeten Systems Engineering deskundigheid worden omgezet in analyseresultaten die de gemeten Systems Engineering deskundigheid verklaren?

DV 3.2 Wat leert ons de analyse van de onderzoeksresultaten van de gemeten Systems Engineering deskundigheid tijdens grote infrastructurele projecten op basis van geïntegreerde contractvormen binnen Dura Vermeer?

2.5 Kernbegrippen

Het is van belang de kernbegrippen uit de vraagstellingen te voorzien van stipulatieve definities. Op deze manier wordt de reikwijdte van de begrippen vastgelegd. De definitie van de kernbegrippen moet namelijk bruikbaar zijn binnen het onderzoek.

Eisen waaraan een bruikbare stipulatieve definitie moet voldoen:

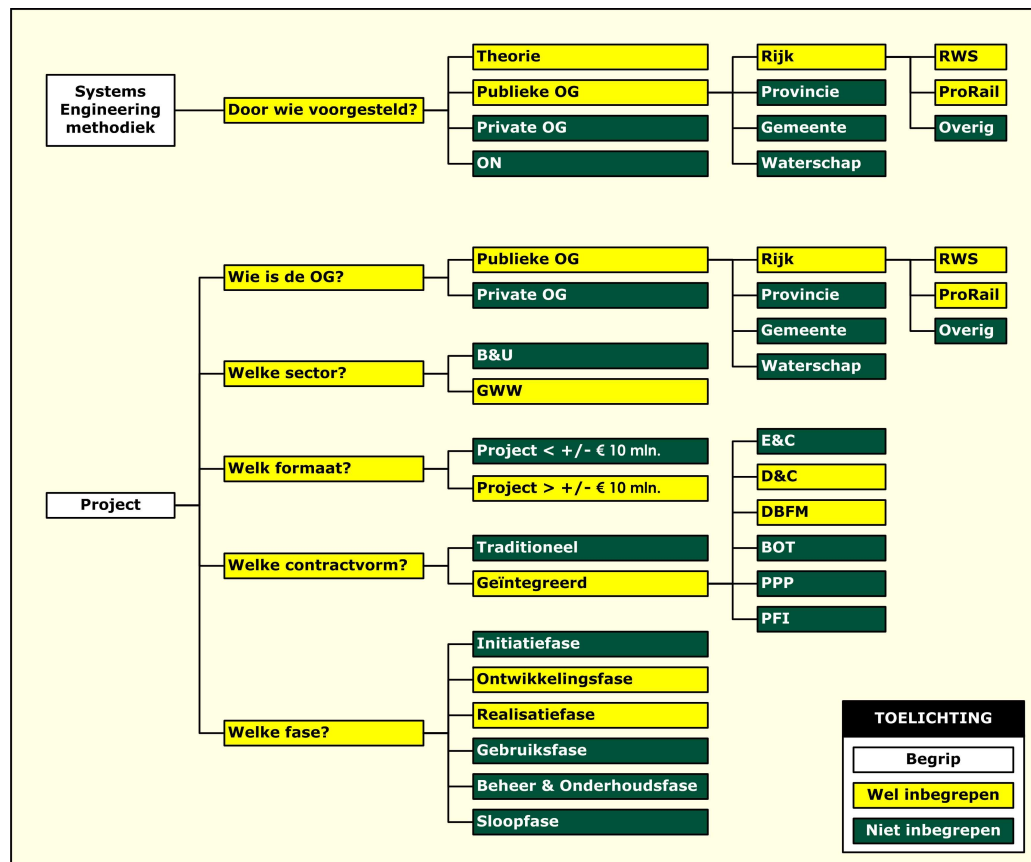
- Afbakening van een begrip tot haalbare proporties;
- Aansluiting bij de doel- en vraagstelling van het onderzoek;
- Duidelijkheid over de vraag welke waarneembare zaken in de werkelijkheid onder de definitie vallen.

(Verschuren & Doorewaard, 2004)

De volgende kernbegrippen kunnen worden gevonden in bovenstaande vraagstelling:

- Systems Engineering methodiek;
- Project.

Deze kernbegrippen zullen door middel van de methodiek van rafelen en rasteren uit elkaar worden gehaald waardoor bruikbare stipulatieve definities van de kernbegrippen naar voren komen. De manier waarop de kernbegrippen uiteen worden gerafeld, wordt bepaald door de weerslag die de doelstelling van het onderzoek hier op heeft en door de verwachting van het onderzoeksmateriaal dat kan worden vergaard. De uitwerking van de stipulatieve definities is zichtbaar in Figuur 3.



Figuur 3: Stipulatieve definities

2.6 Onderzoeksstrategie

Nu de doelstelling en de vraagstellingen van het onderzoek duidelijk zijn, is het van belang dat er een strategie wordt bepaald om de vraagstellingen zo adequaat mogelijk te beantwoorden. Er zijn verschillende onderzoeksstrategieën waarvan gebruik kan worden gemaakt, echter kleeft aan iedere strategie zijn eigen voor- en nadelen of zelfs beperkingen. Verschuren & Doorewaard (2004) beschrijven vijf verschillende soorten onderzoeksstrategieën, te weten; het *survey*, het *experiment*, de *casestudy*, de *gefundeerde theoriebenadering* en het *bureauonderzoek*. De keuze voor een strategie hangt voornamelijk af van drie kernvragen.

2.6.1 Kernbeslissingen

Ten eerste is het van belang om te bepalen of het onderzoek breed wordt opgezet, of dat het meer diepgang krijgt. Wanneer voor meer breedte wordt gekozen, dan houdt dit in dat er een grootschalige aanpak moet zijn, waardoor resultaten kunnen worden gegeneraliseerd. Door deze noodzakelijke generalisering gaat er echter diepgang verloren. Meer diepgang kan het best worden behaald in een kleinschaliger onderzoek. De resultaten leveren hierdoor minder generaliseerbare kennis, maar leiden voor de onderzochte situatie wel tot veel diepgang, detaillering, complexiteit en een sterke onderbouwing met een minimum aan zekerheid. (Verschuren & Doorewaard, 2004). De onderzoeker kiest bij dit onderzoek voor meer diepgang dan breedte. Het aantal onderzoeksobjecten is namelijk beperkt en de vergelijkbaarheid ervan ook, omdat ieder project zijn eigen karakteristieken heeft. Hiernaast is het de intentie van de onderzoeker om expliciete aanbevelingen te leveren die zijn toegespitst op de toepassing van de Systems Engineering methodiek binnen Dura Vermeer. Het is dus geen doel om generaliseerbare kennis te leveren, omdat dit in een spanningsverhouding staat met de doelstelling van het onderzoek.

Ten tweede dient bepaald te worden welke mate van kwantificering het onderzoek gaat bevatten. Dit hangt samen met de eerste kernvraag en met de voorkeur van de onderzoeker. De onderzoeker is zelf eerder een kwantificerend dan een kwalificerend en interpreterend type, maar heeft geen uitgesproken voorkeur voor enkel kwantitatief onderzoek. Met het oog op het kleine aantal onderzoeksobjecten valt niet te verwachten dat kwantificering veel bruikbare onderzoeksresultaten zal opleveren, mede door de hierboven besproken spreiding van de karakteristieken van de projecten. Waar mogelijk zal de onderzoeker echter wel gebruik maken van kwantificering, al zal dit wel altijd duidelijk door kwalificering en interpretatie ondersteund moeten worden.

Het laatste dat bepaald dient te worden is of er empirisch onderzoek of bureauonderzoek plaats zal gaan vinden. Deze keuze hangt wederom samen met de aard van de onderzoeker. De onderzoeker heeft zelf geen duidelijke voorkeur voor een van beiden. In het kader van het onderzoek zullen waarschijnlijk beide vormen van onderzoek nodig zijn om de gewenste diepgang te bereiken. De project-specifieke gegevens zullen voornamelijk door empirisch onderzoek worden vergaard, omdat deze grotendeels niet zijn vastgelegd. De beschrijving van de Systems Engineering theorieën is daarentegen duidelijk te typeren als bureauonderzoek. Er zal dus een combinatie van zowel empirisch als bureauonderzoek gebruikt worden.

Concluderend kan worden vermeld dat er wordt gekozen voor meer diepgang dan breedte bij de uitvoering van het onderzoek. Mede hierdoor zal het onderzoek overwegend kwalitatief van aard zijn en wordt de informatie verzameld met een combinatie van empirisch en bureauonderzoek.

2.6.2 Onderzoeksstrategieën deelvragen

Met behulp van de bovenstaande kernbeslissingen moeten de onderzoeksstrategieën voor de in Paragraaf 2.4 vastgestelde deelvragen worden bepaald. Per deelvraag wordt gekeken naar de mogelijkheden en beperkingen voor het uitvoeren van onderzoek. Hierbij wordt rekening gehouden met de doelstelling van het onderzoek, de soort informatie die de onderzoeker kan en mag verkrijgen binnen de organisatie, de eerdergenoemde kernbeslissingen en de beschikbare tijd.

Voor het beantwoorden van de eerste centrale vraag (CV 1) en de daarbij behorende deelvragen zullen met behulp van de Systems Engineering literatuur en de voorgestelde Systems Engineering methodiek uit de Leidraad toetsingscriteria moeten worden opgesteld. Hiermee moet de Systems Engineering deskundigheid kunnen worden gemeten bij de projecten. Voor de beantwoording van de eerste deelvraag (DV 1.1) volstaat een bureauonderzoek waarin binnen de Systems Engineering literatuur wordt gezocht naar reeds aanwezige toetsingscriteria waarmee de Systems Engineering deskundigheid kan worden gemeten. Voor de beantwoording van de tweede deelvraag (DV 1.2) volstaat een bureauonderzoek naar de inhoud van de Leidraad. Voor de beantwoording van de derde deelvraag (DV 1.3) moet worden onderzocht of de gevonden toetsingscriteria kunnen worden afgestemd op de voorgestelde toepassing van de Systems Engineering methodiek uit de Leidraad. Hiervoor volstaat tevens een bureauonderzoek. Het product dat voor de beantwoording van deze centrale vraag moet worden geleverd zijn de toetsingscriteria op basis waarvan de Systems Engineering deskundigheid bij grote infrastructurele projecten op basis van geïntegreerde contractvormen binnen Dura Vermeer gaat worden gemeten.

De beantwoording van de tweede centrale vraag (CV 2) moet als product onderzoeksresultaten opleveren die de Systems Engineering deskundigheid meten bij grote infrastructurele projecten op basis van geïntegreerde contractvormen binnen Dura Vermeer. Een beperking in de onderzoeksscope is reeds in Paragraaf 2.5 aangebracht in de stipulatieve definitie van een 'project'. Alle projecten binnen Dura Vermeer die voldoen aan die definitie dienen dus te worden geïnventariseerd op basis waarvan, met het oog op de beschikbare tijd, strategische keuzes kunnen worden gemaakt voor de uitvoering van het onderzoek. De onderzoeker wil bij verschillende projecten personen individueel interviewen en wanneer nodig documenten analyseren om deze centrale vraag te beantwoorden. Het onderzoek kan dus worden getypeerd als het uitvoeren van casestudies.

De laatste centrale vraag (CV 3) moet als product analyseresultaten leveren die de gemeten Systems Engineering deskundigheid verklaren bij grote infrastructurele projecten op basis van geïntegreerde contracten binnen Dura Vermeer leveren. Voor de beantwoording van de eerste deelvraag (DV 3.1) volstaat een bureauonderzoek waarin binnen de onderzoeksliteratuur wordt gezocht naar een geschikte methode voor het analyseren van de onderzoeksresultaten die het product zijn van de tweede centrale vraag. Voor de beantwoording van de tweede deelvraag (DV 3.2) dienen deze onderzoeksresultaten te worden geanalyseerd gebruikmakend van de bij de eerste deelvraag gevonden methode. Ook deze deelvraag kan worden getypeerd als bureauonderzoek.

De keuze voor de onderzoeksstrategieën in de hier bovenstaande beschrijving heeft op basis van Verschuren & Doorewaard (2004) plaatsgevonden. Een overzicht hiervan is te zien in Tabel 1 op de volgende pagina.

Tabel 1: Onderzoeksstrategieën

SOORT	VRAAG	
product	CV 1	Toetsingscriteria toepassing Systems Engineering methodiek
strategie	DV 1.1	Bureauonderzoek
strategie	DV 1.2	Bureauonderzoek
strategie	DV 1.3	Bureauonderzoek
product	CV 2	Onderzoeksresultaten toepassing Systems Engineering methodiek
strategie	CV 2	Casestudy
product	CV 3	Aanbevelingen toepassing Systems Engineering methodiek
strategie	DV 3.1	Bureauonderzoek
strategie	DV 3.2	Bureauonderzoek

3 Theorie Systems Engineering deskundigheid

3.1 Inleiding

Op basis van de onderzoeksstrategie wordt begonnen met het opstellen van de toetsingscriteria voor het meten van de Systems Engineering deskundigheid. Deze beschrijving kan gevonden worden door het beantwoorden van de eerste centrale vraag (CV 1).

CV 1 *Op welke wijze zijn met behulp van de Systems Engineering theorieën toetsingscriteria voor het meten van de Systems Engineering deskundigheid bij grote infrastructurele projecten op basis van geïntegreerde contractvormen op te stellen?*

Als product moeten toetsingscriteria worden geleverd op basis waarvan de Systems Engineering deskundigheid bij grote infrastructurele projecten op basis van geïntegreerde contractvormen binnen Dura Vermeer gaat worden gemeten. Dit product wordt geleverd door de beantwoording van de drie deelvragen behorend bij de eerste centrale vraag (CV 1) zoals zichtbaar in Paragraaf 2.4.

3.2 Toetsingscriteria Systems Engineering methodiek

Voor de beantwoording van de eerste deelvraag (DV 1.1) dient volgens de opgestelde onderzoeksstrategie een bureauonderzoek te worden uitgevoerd naar de toetsingscriteria voor het meten van de Systems Engineering deskundigheid die reeds aanwezig zijn binnen de literatuur.

DV 1.1 *Welke toetsingscriteria waarmee de Systems Engineering deskundigheid kan worden gemeten, zijn aanwezig binnen de Systems Engineering literatuur?*

Uit navraag bij een specialist op het gebied van Systems Engineering bleek dat er reeds toetsingscriteria ontwikkeld zijn voor het meten van de Systems Engineering deskundigheid binnen een organisatie. Er zijn meerdere modellen voorhanden waarmee de toepassing van bedrijfsprocessen binnen een organisatie objectief kan worden gewaardeerd. Deze modellen zijn in eerste instantie ontwikkeld door de Carnegie Mellon University en zijn bekend komen te staan onder de term CMM. Dit betekent Capability Maturity Model. Dit model werd begin jaren '90 van de vorige eeuw ontwikkeld voor het objectief waarden van de bedrijfsprocessen van bedrijven die zich bezig hielden met softwareontwikkeling. Halverwege jaren '90 van de vorige eeuw zag INCOSE ook de noodzaak voor het objectief waarden van de manier waarop een organisatie met Systems Engineering processen omgaat. INCOSE heeft toen een eigen model opgezet dat de naam SECAM kreeg. Dit staat voor Systems Engineering Capability Assessment Model. In 2000 werd het CMM model geschikt gemaakt voor het waarden van ontwikkelings- en realisatieprocessen en werd de term veranderd in CMMI, waarbij de 'I' staat voor Integration. De SECAM van INCOSE heeft tevens als input gediend voor de ontwikkeling van het CMMI model.

(CARNEGIE MELLON, 2006) & (INCOSE, 1996)

3.2.1 SECAM

De onderzoeker kiest voor het uitvoeren van dit onderzoek voor het gebruik van het SECAM van INCOSE voor het meten van de Systems Engineering deskundigheid binnen Dura Vermeer. Er zijn twee redenen aan te dragen die deze keuze ondersteunen. Ten eerste beslaan de Systems Engineering processen in het CMMI model slechts een klein gedeelte van het volledige palet aan bedrijfsprocessen. het CMMI model is meer een model waarmee de deskundigheid van alle facetten van de organisatie bepaald kan worden. het SECAM is daarentegen volledig toegespitst op het meten van de deskundigheid van de organisatie in relatie met het gebruik van Systems Engineering. Ook het SECAM bevat een aantal algemene onderdelen, maar dit is slechts een klein percentage. De tweede reden om het SECAM model te prefereren boven CMMI model is dat het SECAM model afkomstig is van INCOSE. INCOSE is tevens de organisatie die het Systems Engineering Handbook uitbrengt. Zoals reeds in de inleiding is aangegeven, staat dit Handbook aan de wieg van de Leidraad waarin de voorgestelde toepassing van de Systems Engineering methodiek door ProRail en Rijkswaterstaat wordt beschreven. Aangezien Dura Vermeer bij projecten op basis van geïntegreerde contractvormen in de Nederlandse GWW-sector de Systems Engineering methodiek voorgesteld krijgt op basis van het Handbook van INCOSE, is het een logische keus om de Systems Engineering deskundigheid binnen Dura Vermeer te meten met een model dat door dezelfde organisatie is opgesteld.

Het SECAM model dat de onderzoeker gebruikt, is versie 1.50a. Ondanks dat dit model stamt uit 1996, wordt deze versie door INCOSE aangeraden ("INCOSE", n.d.). Als dit model goed wordt toegepast, wordt niet alleen de mate van deskundigheid op het gebied van Systems Engineering gemeten, maar worden ook de probleemgebieden geïdentificeerd, waardoor richting wordt gegeven aan de verbetering van deze deskundigheid. De hoofdpunten van het model worden hier beknopt weergegeven.

De bedrijfsprocessen binnen een organisatie die werkt volgens de Systems Engineering methodiek worden opgedeeld in drie hoofdcategorieën, te weten; 'Management', 'Organisation' en 'Systems Engineering'. De Management categorie is gericht op de management activiteiten die gepaard gaan met de toepassing van de Systems Engineering methodiek. De Organisatie categorie richt zich op organisatiebrede activiteiten die essentieel zijn voor de toepassing van Systems Engineering. De laatste categorie richt zich op de technische Systems Engineering activiteiten. Deze hoofdcategorieën worden onderverdeeld in KFA's volgens Tabel 2. Dit zijn Key Focus Areas die de essentiële onderdelen van de hoofdcategorieën weergeven. De inhoud van de KFA's bevat zowel proces- als niet-procesgerelateerde eigenschappen die de mate van Systems Engineering deskundigheid bepalen.

Tabel 2: KFA's per proces categorie (INCOSE, 1996)

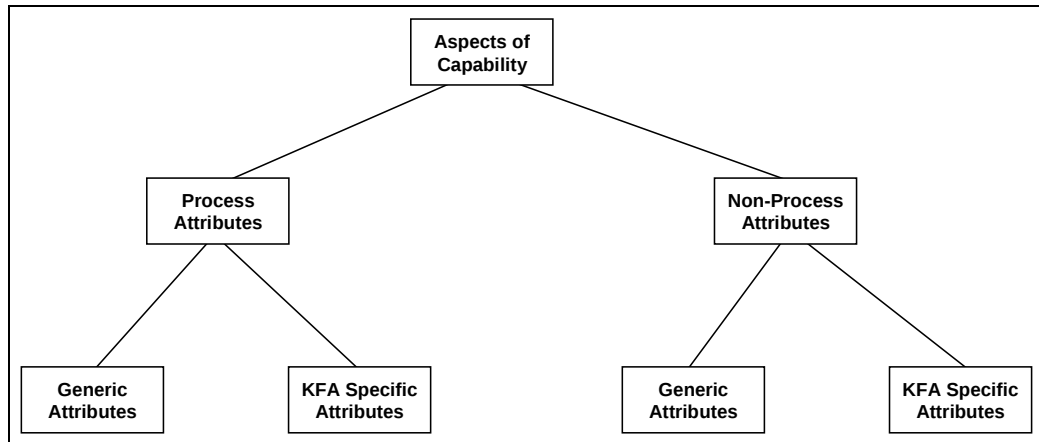
1.0 MANAGEMENT	2.0 ORGANISATION	3.0 SYSTEMS ENGINEERING
1.1 Planning	2.1 Process Management and Improvement	3.1 System Concept Development
1.2 Tracking and Oversight	2.2 Competency Management	3.2 Requirements and Functional Analysis
1.3 Subcontract Management	2.3 Technology Management	3.3 System Design
1.4 Inter-group Coordination	2.4 Environment and Tool Support	3.4 Integrated Engineering Analysis
1.5 Configuration Management	-	3.5 System Integration
1.6 Quality Management	-	3.6 System Verification
1.7 Risk Management	-	3.7 System Validation
1.8 Data Management	-	-

De mate van Systems Engineering deskundigheid op basis van de proces- en niet-procesgerelateerde eigenschappen wordt voor iedere KFA afzonderlijk bepaald door het stellen van vragen over deze eigenschappen. Op basis van de antwoorden op de vragen wordt voor iedere KFA een Capability Level bepaald. Dit is de mate van Systems Engineering deskundigheid binnen een KFA, ingedeeld in zes klassen (klasse 0 is het standaardniveau) op basis van proces- en niet-procesgerelateerde eigenschappen. Tabel 3 Laat een overzicht van deze indeling en de daarbij behorende eigenschappen zien.

Tabel 3: Eigenschappen van de Systems Engineering deskundigheid (INCOSE, 1996)

DESKUNDIGHEID	PROCES EIGENSCHAPPEN	NIET-PROCES EIGENSCHAPPEN
5 – Optimizing	- Effectiviteitsdoelstellingen van programmatische processen zijn vastgesteld op basis van bedrijfsdoelstellingen; - Continue procesverbeteringen van programmatische processen; - Continue procesverbeteringen van standaarden.	- Activiteiten worden gedreven door Systems Engineering opbrengsten; - Volledig schaalbaar complexiteitsmanagement; - Systems Engineering is gericht op product life cycle & strategische toepassingen; - Activiteiten zijn optimaal effectief; - Werkproducten zijn van optimaal nut.
4 – Measured	- Statistieken worden afgeleid uit procedurele data; - Kwantitatief inzicht in programprocessen; - Vermogen om prestaties te voorspellen; - Gebreken voortkomend uit programmatische processen zijn geïdentificeerd; - Programmatische processen worden verbeterd.	- Alle informatie is volledig geïntegreerd in een programma database; - Activiteiten worden gedreven door Systems Engineering opbrengsten; - Systems Engineering is gericht op alle fasen van de product life cycle; - Activiteiten zijn meetbaar effectief.
3 – Defined	- Processen worden gedefinieerd door organisatie standaarden; - Standaarden worden afgestemd en gebruikt; - Afstemmingen worden herzien en bevestigd; - Data van programmatische processen wordt verzameld; - Feedback van de klant wordt verkregen.	- Consistent programma succes; - Alle informatie wordt elektronisch beheerd; - Belangrijke informatie wordt geïntegreerd in een programma database; - Activiteiten worden gedreven door programma opbrengsten; - Systems Engineering is gericht op eisen door uitwerking; - Activiteiten zijn significant effectief; - Werkproducten zijn van significant nut.
2 – Managed	- Beleid bepaalt de noodzaak voor activiteiten; - Activiteiten worden gepland, gecontroleerd en geverifieerd; - Werkproducten worden herzien op geschiktheid; - Corrigerende maatregelen worden genomen; - Werkproducten worden gecontroleerd.	- Belangrijke informatie wordt elektronisch beheerd; - Activiteiten worden gedreven door opbrengsten voor de klant; - Systems Engineering is gericht op eisen door ontwerp; - Activiteiten zijn voldoende efficiënt; - Werkproducten zijn van voldoende nut.
1 – Performed	- Activiteiten worden informeel uitgevoerd; - Niet-rigoureuze planning en controle; - Afhankelijkheid van 'helden'; - Werkproducten zijn aanwezig; - Algemene erkenning van de noodzaak voor activiteit.	- Informatie wordt op papier beheerd; - Activiteiten worden gedreven door contract; - Systems Engineering is gelimiteerd tot eisen; - Activiteiten zijn marginaal effectief; - Werkproducten zijn van marginaal nut.
0 – Initial (standaard)	- Algemene mislukking bij de uitvoering van activiteiten; - Geen makkelijk herkenbare werkproducten; - Geen bewijs dat iets was volbracht.	- Geen garantie voor succes; - Informatie is moeilijk te identificeren; - De stuwende kracht voor activiteiten is onbepaald; - Geen garantie voor complexiteitsmanagement; - Geen Systems Engineering focus; - Activiteiten en producten van weinig effect of waarde.

De mate van deskundigheid wordt bepaald door het beantwoorden van vragen per KFA. Wanneer alle vragen van een klasse met ja kunnen worden beantwoord, is dat niveau van Systems Engineering deskundigheid voor de betreffende KFA behaald. Hierna kunnen de vragen van een klasse hoger worden beantwoord. Zoals genoemd zijn er per KFA verschillende categorieën van eigenschappen waar vragen over moeten worden beantwoord. Deze eigenschappen kunnen worden ingedeeld in vier categorieën zoals zichtbaar is in Figuur 4.

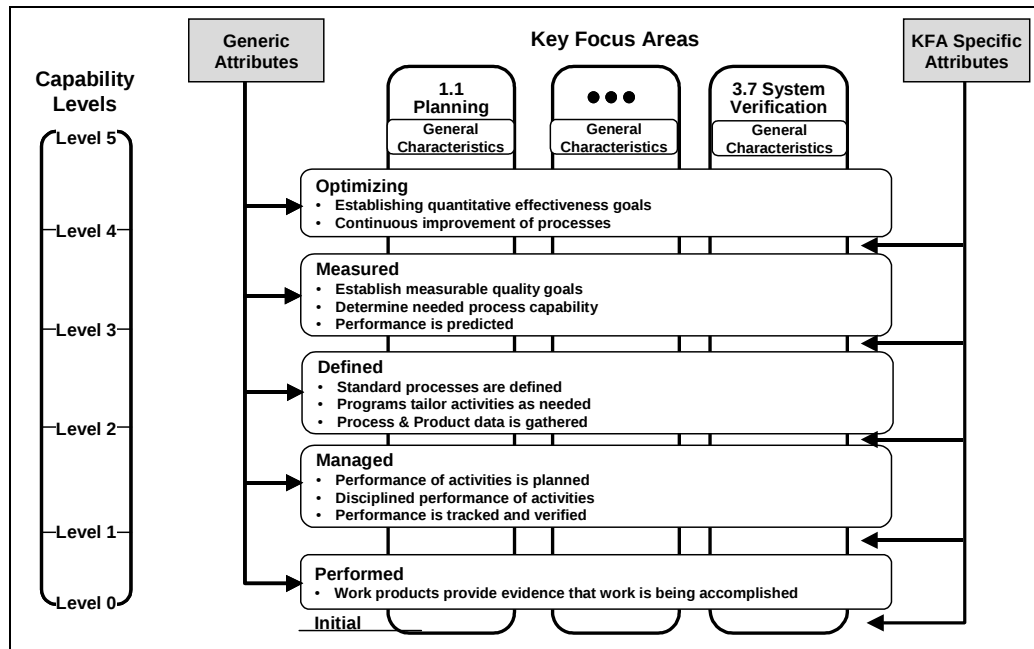


Figuur 4: Klassen van deskundigheidseigenschappen binnen de INCOSE SECAM (INCOSE, 1996)

De procesgerelateerde eigenschappen beschrijven hoe goed de processen voor een bepaalde KFA zijn gedefinieerd, hoe goed ze zijn opgenomen binnen de bedrijfsprocessen en hoe goed ze worden uitgevoerd. De niet-procesgerelateerde eigenschappen daarentegen beschrijven de geschiktheid van een proces in termen van efficiëntie en waarde van de producten die volgen uit het proces. Met De niet-procesgerelateerde eigenschappen kan de mate van deskundigheid die volgt uit de procesgerelateerde eigenschappen worden gevalideerd.

Zowel de proces- als de niet-procesgerelateerde eigenschappen kunnen worden opgedeeld in algemene en KFA-specifieke eigenschappen. De algemene eigenschappen beschrijven algemene deskundigheidskenmerken die van belang zijn voor de deskundigheid voor meerdere KFA's. De KFA-specifieke eigenschappen beschrijven daarentegen deskundigheid voor een specifieke KFA. Deze laatste categorie is nog eens opgedeeld in twee soorten KFA-specifieke eigenschappen. Ten eerste zijn er stand-alone KFA-specifieke eigenschappen. Deze staan volledig op zichzelf zonder een directe relatie met andere eigenschappen te hebben. Daarna zijn er sets van KFA-specifieke eigenschappen. Deze sets bestaan uit eigenschappen waartussen relaties bestaan op verschillende deskundigheidsniveaus binnen een bepaalde KFA.

Het hierboven beschrevene wordt visueel weergegeven in Figuur 5. Algemene eigenschappen worden aangegeven met de horizontale balken en de sets van KFA-specifieke eigenschappen met de verticale balken. Wat overblijft, zijn de stand-alone KFA-specifieke eigenschappen.



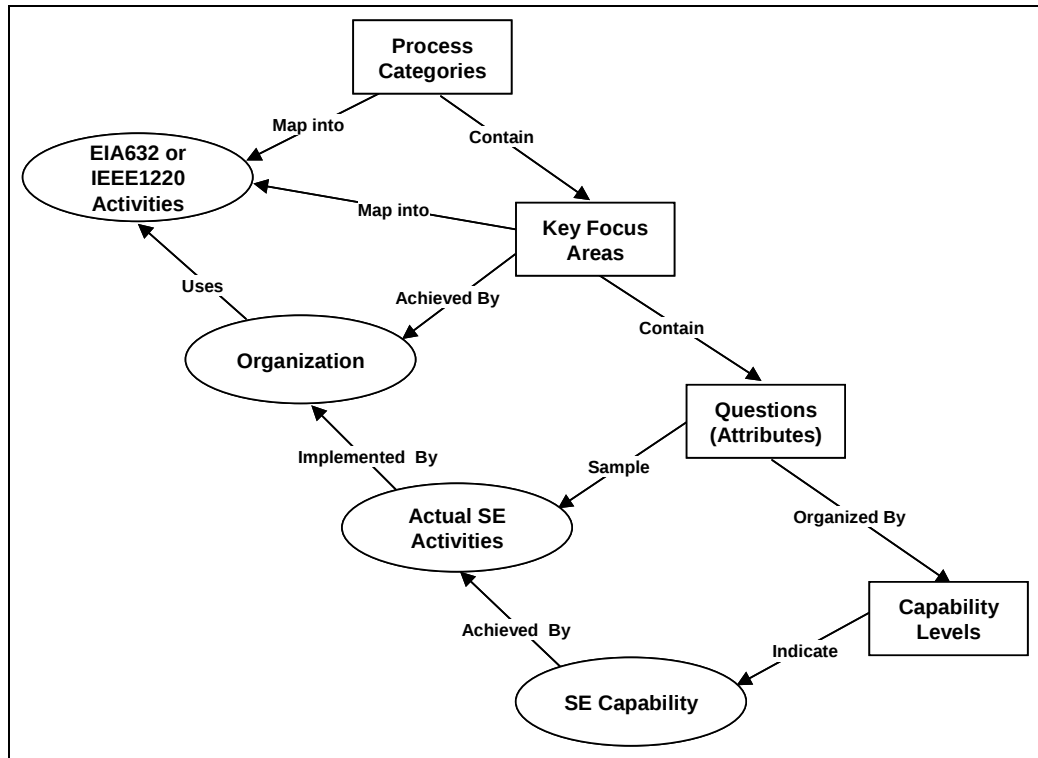
Figuur 5: Overzicht verschillende eigenschappen (INCOSE, 1996)

Wanneer de deskundigheid voor iedere KFA is bepaald, kunnen deze waarden worden weergegeven in een scoringsprofiel zoals zichtbaar in Tabel 4. Het is expliciet niet de bedoeling om een gemiddelde score af te leiden uit de scores voor de KFA's. De achterliggende gedachte van het SECAM is namelijk dat de Systems Engineering deskundigheid van een organisatie kan worden verhoogd door het aanpakken van probleemgebieden. Wanneer een gemiddelde score wordt afgeleid, gaat de informatie over de herkomst van het probleem juist verloren. Ook de identificatie van KFA's waarop de organisatie hoog scoort, is van belang voor de aanpak van problemen. Deze KFA's kunnen namelijk handreikingen leveren om problemen bij KFA's die laag scoren op te kunnen lossen.

Tabel 4: SECAM scoringsprofiel voorbeeld (INCOSE, 1996)

DESKUNDIGHEID	1.1 Planning	1.2 Tracking and Oversight	1.3 Subcontract Management	1.4 Inter-group Management	1.5 Configuration Management	1.6 Quality Management	1.7 Risk Management	1.8 Data Management	2.1 Process Management	2.2 Competency Management and Improvement	2.3 Technology Management	2.4 Environment and Tool Support	3.1 System Concept Development	3.2 Requirements and Functional Analysis	3.3 System Design	3.4 Integrated Engineering Analysis	3.5 System Integration	3.6 System Verification	3.7 System Validation
5 – Optimizing																			
4 – Measured																			
3 – Defined																			
2 – Managed																			
1 – Performed																			

De volledige toepassing van het SECAM, zoals beschreven in dit Hoofdstuk, is schematisch weergegeven in Figuur 6 op de volgende pagina. In dit Figuur worden de relaties tussen de belangrijkste begrippen uit dit Hoofdstuk verduidelijkt.



Figuur 6: Structuur van de INCOSE SECAM (INCOSE, 1996)

3.3 Leidraad voor Systems Engineering binnen de GWW-sector

Voor de beantwoording van de tweede deelvraag (DV 1.2) dient volgens de opgestelde onderzoeksstrategie een bureauonderzoek te worden uitgevoerd naar de inhoud van de Leidraad.

DV 1.2 Op welke wijze dient volgens de Leidraad voor Systems Engineering binnen de GWW-sector van Rijkswaterstaat en ProRail de Systems Engineering methodiek te worden toegepast tijdens grote infrastructurele projecten op basis van geïntegreerde contractvormen?

Zoals reeds aangegeven in Paragraaf 1.1.1 hebben Rijkswaterstaat en ProRail deze Leidraad uitgebracht in 2007 en geven zij hierin hun globale visie op de toepassing van Systems Engineering binnen de Nederlandse GWW-sector. Door de grote invloed van Rijkswaterstaat en ProRail en de steun van de rijksoverheid kan worden aangenomen dat Systems Engineering, zoals voorgesteld in de Leidraad, de standaard methodiek gaat worden voor de ontwikkeling en realisatie (en evt. het gebruik of de exploitatie, het beheer en onderhoud en de sloop) van grote infrastructurele projecten in Nederland. Wellicht ten overvloede wordt vermeld dat de Raad van Bestuur van Dura Vermeer deze mening ook deelt.

3.3.1 Systems Engineering methodiek

De geschiedenis van Systems Engineering en een beknopte uitleg van wat Systems Engineering inhoudt, is reeds aangegeven in Paragraaf 1.1.1. De belangrijkste elementen van Systems Engineering worden voor de volledigheid nogmaals uiteengezet.

De belangrijkste elementen van Systems Engineering zijn:

- Het op een gestructureerde wijze specificeren van een behoefte;
 - Het op een gestructureerde wijze ontwerpen van een passende oplossing bij de behoefte;
 - Het op een correcte wijze realiseren van deze oplossing;
 - Het op een juiste wijze beheren van de gerealiseerde oplossing;
 - Het op een juiste wijze verifiëren en valideren;
 - Het op een beheerste wijze managen van het gehele systeem gedurende zijn levensduur.
- (ProRail & Rijkswaterstaat, 2007)

Deze elementen kunnen niet worden opgevat als de Systems Engineering methodiek, zoals bedoeld in de zin van dit onderzoek. Een methodiek geeft namelijk methoden aan die gevolgd kunnen of moeten worden om het gewenste resultaat te behalen. Dit sluit aan bij de definitie uit het woordenboek. Hierin wordt het woord methodiek namelijk uitgelegd als 'geheel van de te volgen methoden' ('Van Dale', n.d.). In het 'Technische deel' van de Leidraad geven Rijkswaterstaat en ProRail wel methoden aan die gevolgd dienen te worden om de juiste toepassing van de door hen voorgestelde Systems Engineering methodiek te garanderen.

3.3.2 Methoden Leidraad

De door Rijkswaterstaat en ProRail voorgestelde Systems Engineering methoden worden in deze paragraaf puntsgewijs uiteengezet. De methoden worden door de onderzoeker omschreven als criteria waaraan moet worden voldaan, om te voldoen aan de inhoud van de Leidraad. Per criterium wordt een koppeling gemaakt met de relevante Paragra(af/fen) uit het 'Technische deel' van de Leidraad (ProRail & Rijkswaterstaat, 2007) en met de relevante KFA afkomstig uit het SECAM. Met deze koppeling tussen het SECAM en de Leidraad wordt getracht aan te geven dat alle relevante, voorgestelde methoden uit de Leidraad worden meegenomen bij de uitvoering van het SECAM. De Paragrafen uit de Leidraad waar niet naar wordt verwezen, geven een inleiding op de Systems Engineering methodiek en plaatsen de methodiek in de context van andere bedrijfsprocessen. Dit is niet van belang voor het onderzoek en daarom wordt hier niet naar verwezen.

De onderzoeker heeft de objectieve criteria zelf afgeleid uit de methoden voor de toepassing van de Systems Engineering methodiek zoals die gepresenteerd worden in de Leidraad. Dit is gebeurd in een iteratief proces waarbij de criteria na iedere ronde van vaststelling op volledigheid werden gecontroleerd door middel van het doorlopen van de Leidraad. Dit proces is doorlopen tot de vastgestelde criteria eenduidig alle van belang zijnde methoden uit de Leidraad bevatten. De onderzoeker heeft getracht de criteria zo op te stellen dat ze volledige onderdelen van de voorgestelde toepassing van de Systems Engineering methodiek beslaan. De criteria zouden in veel gevallen ook kunnen worden opgedeeld in meerdere criteria, maar dit leidt volgens de onderzoeker niet tot meer duidelijkheid. De opgestelde criteria uit de Leidraad zijn zichtbaar in Tabel 5 op de volgende pagina, met daaraan gekoppeld de relevante paragraaf uit het 'Technisch deel' van de Leidraad en de relevante KFA afkomstig uit het SECAM.

Tabel 5: Toetsingscriteria voor de toepassing van de Systems Engineering methodiek

OMSCHRIJVING CRITERIUM	LEIDRAAD		SECAM
A Vertalen klant-eisen en functies gewenst door de klant:	2.3.1	2.8.1	3.1
Voorafgaand aan het engineeringproces worden de klant-eisen vertaald in SMART systeemeisen en worden de functies van het systeem opgesteld. Dit leidt tot boomstructuren voor eisen (RBS) en functies (FBS).	2.8.2	-	3.2
	-	-	3.3
	-	-	-
B Decomponeren:	2.3.2	2.4.1	3.1
Oplossingsrichtingen worden waarde-vrij afgeleid uit functies, deze worden gereduceerd tot haalbare varianten op basis van een of meerdere systeemeisen. Deze haalbare varianten worden naar een zodanig detailniveau gebracht dat ze op basis van vastgestelde eisen en criteria met elkaar kunnen worden vergeleken met behulp van een trade-off matrix. Eventuele afwijkingen in het eisenanalyseproces worden actief opgespoord en indien aanwezig aangepast. Dit is een iteratief proces waarbij alle benodigde stappen worden doorlopen tot er geen afwijkingen meer zijn.	2.5.1	2.8.3	3.2
	-	-	3.4
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
C Ontwerpen:	2.3.2	2.3.4	3.1
De, met behulp van de trade-off matrix, gekozen variant wordt nader uitgewerkt op basis van de van toepassing zijnde systeemeisen en functies van het systeem, waarbij rekening wordt gehouden met de interne en externe raakvlak-eisen. Dit leidt tot boomstructuren voor het systeem (SBS). Het systeem wordt hierdoor (in de GWW-sector) opgedeeld in objecten. Eventuele afwijkingen in het eisenanalyseproces worden actief opgespoord en indien aanwezig aangepast. Dit is een iteratief proces, waarbij alle benodigde stappen worden doorlopen tot er geen afwijkingen meer zijn.	2.3.5	2.4.2	3.3
	2.4.3	2.6.2	3.4
	2.8.3	-	-
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
D Integreren:	2.3.2	2.3.5	3.4
Er wordt gecontroleerd of het ontworpen object kan worden geïntegreerd in het volledige systeem zonder af te hoeven wijken van de systeemeisen. Al deze van toepassing zijnde systeemeisen van een object worden weergegeven in een specificatieboom. Dit is een combinatie van de objectenboom (SBS) met de eisenboom (RBS).	2.5.4	2.6.2	3.5
	2.8.2	2.8.5	-
	-	-	-
	-	-	-
E Afleiden systeemeisen en functies van het systeem:	2.3.2	2.3.3	3.2
Na iedere decomponeer-, ontwerp- en integreer-stap worden op het ontstane hogere detailniveau nieuwe systeemeisen en functies van het systeem te worden afgeleid, die volgen uit het gekozen ontwerp. Stap B t/m E beschrijven een iteratief proces dat doorlopen moet worden tot het benodigde detailniveau voor een uitvoeringsgereed ontwerp is bereikt.	2.5.2	2.6.2	3.3
	2.8.1	2.8.2	3.5
	-	-	-
	-	-	-
F Werkpakketten:	2.6.1	2.8.4	1.1
Het ontwerp op het benodigde detailniveau voor een uitvoeringsgereed ontwerp wordt in combinatie met realisatie-eisen omgezet in activiteiten. Deze activiteiten leiden tot boomstructuren voor activiteiten (WBS) die kunnen worden opgedeeld in werkpakketten. Werkpakketten bestaan uit activiteiten die moeten worden uitgevoerd om een gedeelte van het systeem te realiseren.	-	-	1.2
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
G Traceerbaarheid:	2.5.3	2.8.1	3.1
Alle systeemeisen zijn te allen tijde traceerbaar. Hierbij is direct inzichtelijk waarvan de systeemeisen zijn afgeleid, welke systeemeisen hiervan zijn afgeleid, wat de bron van de eis is en uit welk document de eisen voortkomen.	2.8.2	-	3.2
	-	-	3.3
	-	-	3.6
H Baselines:	2.5.5	-	3.1
Bij de overgang tussen belangrijke processtappen in het engineeringproces wordt gebruik gemaakt van baselines.	-	-	3.2
	-	-	3.3
I Verificatie:	2.3.6	2.6.3	3.6
Tijdens het (engineeringproces / realisatieproces / beheer- en onderhoudsproces) vindt (verificatie / keuring / inspectie) plaats (aan de gespecificeerde eisen / van het vastgestelde ontwerp / van het object) door middel van onderzoek en verstrekking van objectief bewijs op basis van een vooraf opgesteld (verificatierapport / keuringsrapport / inspectierapport). Afwijkingen (van de systeemeisen / van het ontwerp / aan het object) worden in het (verificatierapport / keuringsrapport / inspectierapport) opgenomen en leiden tot een voorstel tot corrigerende maatregelen.	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
J Validatie:	2.6.4	-	3.7
Na een geslaagde keuring van het gerealiseerde systeem wordt beoordeeld of het systeem voldoet aan de eisen en verwachtingen van de klant.	-	-	-
	-	-	-

Zoals uit Tabel 5 kan worden afgeleid, worden alle relevante, voorgestelde methoden uit de Leidraad meegenomen bij de uitvoering van het SECAM. De bepaling van de Systems Engineering deskundigheid met behulp van het SECAM is dus een goede methode om de mate van toepassing van de voorgestelde Systems Engineering methodiek door ProRail en Rijkswaterstaat te meten. Hiervoor dient bij de mate van deskundigheid van de desbetreffende KFA's te worden gekeken.

3.4 **Implementatie toetsing Systems Engineering methodiek**

Voor de beantwoording van de derde deelvraag (DV 1.3) moeten de toetsingscriteria die voortkomen uit de beantwoording van de eerste deelvraag (DV 1.1) worden afgestemd op de situatie binnen Dura Vermeer.

DV 1.3 Op welke wijze kunnen de gevonden toetsingscriteria worden afgestemd om de Systems Engineering deskundigheid bij grote infrastructurele projecten op basis van geïntegreerde contractvormen binnen Dura Vermeer te meten?

In Paragraaf 3.2 wordt het SECAM en de toepassing ervan uitgelegd. Deze uitleg gaat echter uit van een volledige implementatie van het model. Om het model als een adequaat hulpmiddel te laten fungeren voor het behalen van de doelstelling van het onderzoek, is het van belang dat het SECAM afgestemd wordt op het beoogde gebruik. Het daadwerkelijke uitvoeren van het SECAM wordt een SEPA genoemd. Dit betekent Systems Engineering Process Assessment. Zoals in Paragraaf 2.3 is aangegeven zijn grote infrastructurele projecten op basis van geïntegreerde contractvormen binnen Dura Vermeer de onderzoeksobjecten. Het SECAM dient dus op deze onderzoeksobjecten en op de doelstelling van het onderzoek te worden afgestemd, zodat de SEPA's efficiënt kunnen worden uitgevoerd. Deze afstemming van het SECAM wordt ook door INCOSE aangeraden (INCOSE, 1996).

De afstemming van het SECAM kan op twee manieren plaatsvinden. Ten eerste kan een keuze worden gemaakt voor de KFA's waarvoor de mate van System Engineering deskundigheid bepaald gaat worden. Deze keuze hangt af van de ingeschatte waarde die de KFA heeft voor het onderzoek. Deze inschatting wordt gemaakt door de onderzoeker. Hierop volgend zal een keuze worden gemaakt tussen de deskundigheidsklassen waarin de uitgekozen KFA's zullen worden ingedeeld. Deze beslissing kan de onderzoeker maken op basis van de inhoud van de SECAM vragenlijst en zijn kennis van zaken over een van deze projecten. De onderzoeker voert zijn onderzoek namelijk uit op het projectkantoor van een van de te onderzoeken projecten en kan zodoende veel informatie over de projecten vergaren. Per KFA zal een keuze worden gemaakt voor de te verwachten deskundigheidsklasse. De bandbreedte bij de beantwoording van de SECAM vragenlijst zal naar aanleiding van deze keuze worden bepaald door, zowel de vragen van een deskundigheidsklasse lager dan de te verwachten klasse, als de vragen van een deskundigheidsklasse hoger dan de te verwachten klasse, te betrekken bij het onderzoek. Op deze manier worden veel onnodige vragen voorkomen en kan tijdswinst worden geboekt bij de uitvoering van het onderzoek, zonder aan kwaliteit in te boeten. Een aanname die aan deze keuze gekoppeld zit, is dat de onderzoeker ervan uit gaat dat het verschil tussen de projecten niet heel veel uit elkaar zal lopen. Wanneer de onderzoeker tijdens de uitvoering van het onderzoek echter aanwijzingen opvangt waaruit blijkt dat de verwachte deskundigheidsklasse bij een project afwijkt, waardoor er noodzaak is om de bandbreedte van de deskundigheidsklassen te vergroten, dan zal hierop door de onderzoeker adequaat worden gereageerd.

3.4.1 Keuze KFA's

Ten eerste zal de keuze voor de KFA's worden gemaakt die van waarde worden geacht voor het onderzoek. Door het in Paragraaf 1.1.1 reeds besproken grote belang dat Dura Vermeer hecht aan het voldoen aan de voorgestelde Systems Engineering methodiek die volgt uit de Leidraad (ProRail & Rijkswaterstaat, 2007), zullen de KFA's die gekoppeld zijn aan de relevante paragrafen uit de Leidraad in ieder geval betrokken worden in het onderzoek. Deze koppeling was reeds zichtbaar in Tabel 5. Een overzicht van de betrokken en niet-betrokken KFA's, inclusief motivatie, is zichtbaar in Tabel 6. Voor beschrijvingen van KFA's refereert de onderzoeker naar Paragraaf 9.1 van de Bijlagen.

Tabel 6: Overzicht keuze KFA's

KFA	JA/NEE	MOTIVATIE
1.0 Management		
1.1 Planning	JA	Komt voort uit Leidraad → van expliciet erkent belang voor Dura Vermeer.
1.2 Tracking and Oversight	JA	Komt voort uit Leidraad → van expliciet erkent belang voor Dura Vermeer.
1.3 Subcontract Management	NEE	Deze KFA is op dit moment niet van waarde voor het onderzoek. De focus ligt eerst op het ontwikkelen van een organisatiebrede Systems Engineering werkwijze.
1.4 Inter-group Coordination	JA	Deze KFA is van waarde voor het onderzoek. Er vindt namelijk Inter-group Coordination plaats tussen ontwerp- en realisatieafdelingen tijdens projecten.
1.5 Configuration Management	JA	Deze KFA is van waarde voor het onderzoek. Er vindt namelijk Configuration Management plaats en Dura Vermeer onderkent het belang ervan.
1.6 Quality Management	NEE	Deze KFA is op dit moment niet van waarde voor het onderzoek. De focus ligt eerst op het ontwikkelen van een organisatiebrede Systems Engineering werkwijze.
1.7 Risk Management	JA	Deze KFA is van waarde voor het onderzoek. Dura Vermeer houdt zich bezig met Risk Management en onderkent het belang ervan.
1.8 Data Management	NEE	Deze KFA is op dit moment niet van waarde voor het onderzoek. De focus ligt eerst op het ontwikkelen van een organisatiebrede Systems Engineering werkwijze.
2.0 Organization		
2.1 Process Management and Improvement	JA	Deze KFA is van waarde voor het onderzoek. Er vindt namelijk Process Management and Improvement plaats en Dura Vermeer onderkent het belang ervan.
2.2 Competency Development	NEE	Deze KFA is op dit moment niet van waarde voor het onderzoek. De focus ligt eerst op het ontwikkelen van een organisatiebrede Systems Engineering werkwijze.
2.3 Technology Management	NEE	Deze KFA is op dit moment niet van waarde voor het onderzoek. De focus ligt eerst op het ontwikkelen van een organisatiebrede Systems Engineering werkwijze.
2.4 Environment and Tool Support	JA	Deze KFA is van waarde voor het onderzoek. Er vindt namelijk Environment and Tool Support plaats en Dura Vermeer onderkent het belang ervan.
3.0 Systems Engineering		
3.1 System Concept	JA	Komt voort uit Leidraad → van expliciet erkent belang voor Dura Vermeer.
3.2 Requirements and Functional Analysis	JA	Komt voort uit Leidraad → van expliciet erkent belang voor Dura Vermeer.
3.3 System Design	JA	Komt voort uit Leidraad → van expliciet erkent belang voor Dura Vermeer.
3.4 Integrated Engineering Analysis	JA	Komt voort uit Leidraad → van expliciet erkent belang voor Dura Vermeer.

3.5 System Integration	JA	Komt voort uit Leidraad → van expliciet erkent belang voor Dura Vermeer.
3.6 System Verification	JA	Komt voort uit Leidraad → van expliciet erkent belang voor Dura Vermeer.
3.7 System Validation	JA	Komt voort uit Leidraad → van expliciet erkent belang voor Dura Vermeer.

Zoals zichtbaar in Tabel 6 vallen vijf KFA's buiten de scope van het onderzoek. De hoofdreden is dat Dura Vermeer op dit moment nog geen prioriteit bij deze KFA's heeft liggen. Ook de onderzoeker is van mening dat het op dit moment nog geen nut heeft om deze KFA's bij het onderzoek te betrekken. Voor een verdere groei in Systems Engineering deskundigheid is het echter aan te raden om in de toekomst deze KFA's wel bij een dergelijk onderzoek te betrekken. De beslissing om ze te betrekken moet dan echter wel expliciet worden gemaakt door de toekomstige onderzoeker.

3.4.2 Keuze deskundigheidsklassen

Na de keuze voor de KFA's in Paragraaf 3.4.1 is het nu van belang om per KFA de deskundigheidsklasse te schatten. Voor het schatten van de deskundigheidsklassen waarnaar wordt gekeken per KFA, is het van belang dat een beknopt overzicht wordt gegeven van de tot nu toe afgeronde en lopende infrastructurele projecten op basis van geïntegreerde contractvormen binnen Dura Vermeer. Dit overzicht is weergegeven in Tabel 7. De onderzoeker heeft de kennis over deze projecten vergaard onder het Dura Vermeer personeel op het projectkantoor van project 'Hanzelijn; Drontermeer – Zwolle'. Hierbij werden tevens per project contactpersonen aangewezen, die de onderzoeker heeft benaderd voor het vergaren van de gedetailleerde informatie over de projecten. De contactpersonen zijn in alle gevallen de projectleiders en -managers van de desbetreffende projecten. Alleen bij project 'Reconstructie A28 – Hogeweg Amersfoort' is de informatie niet afkomstig van het management van het project, maar van de verantwoordelijk systems engineer. Deze persoon heeft echter wel direct contact met de projectleider. Verder dient nog opgemerkt te worden dat project 'Reconstructie A28 – Hogeweg Amersfoort', ondanks de aanbestedingsprijs die lager is dan € 10 mln., toch is opgenomen in het overzicht. Dit is het geval omdat het de aanbestedingsprijs niet erg ver van de € 10 mln. grens verwijderd is, en omdat het een erg recent project is waar veel informatie over de huidige stand van zaken binnen Dura Vermeer uit kan worden gehaald.

Tabel 7: Overzicht projecten Dura Vermeer op basis van geïntegreerde contractvormen

PROJECT	DBFMcontract RW31	N31 Harlingen – Zurich	Overkap- pingscon- structie A2 Utrecht	Hanzelijn; Drontermeer – Zwolle	Reconstructie A28 – Hoge- weg Amers- foort	Bypass Hanzelijn	Tweede Coentunnel
Opdrachtgever	Rijkswaterstaat	Rijkswaterstaat	Rijkswaterstaat	ProRail	Rijkswaterstaat	ProRail	Rijkswaterstaat
Start project	december 2003	juli 2006	augustus 2006	oktober 2006	februari 2008	februari 2008	april 2008
Eind project	december 2007 (B&O t/m de- cember 2022)	december 2008	juli 2010	juli 2011	december 2009	april 2010	februari 2013 (B&O t/m de- cember 2037)
Beknopte omschrijving	Verdubbelen N31 Leeuwar- den – Drachten incl. vervan- ging brug door aquaduct en verdubbeling en verhoging brug. Daarna 15 jaar B&O.	Verbreden van de N31 Harlin- gen – Zurich naar een A31.	Overkappen van de A2 bij Utrecht. Vier tunnelbuizen van 1650 m moeten vol- doen aan de nieuwe tunnel- wet.	Aanleggen van de onderbouw van de Hanze- lijn tussen Drontermeer en Zwolle incl. kunstwerken N50 en wegen- net te Kampen.	Verbreden rijksweg A28, incl. kunstwerk bij Amersfoort.	Aanleggen van drie kunstwer- ken over de bypass bij Kampen voor de Hanzelijn, de N50 en de toekomstige aansluiting op de A50.	Aanleggen Tweede Coen- tunnel en toe- leidende wegen en kunstwer- ken incl. B&O tot eind 2037.
Combinatie	Wâldwei.com: • Dura Vermeer • Ballast Nedam • BAM	De Eendracht: • Dura Vermeer • Ballast Nedam	DODO: • CKU • Dura Vermeer • Besix • GTI	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	Coentunnel Company bv: • Dura Vermeer • Vinci • CFE • Dredging Int. • Besix • TBI Haverkort Voormolen • Arcadis

Contractvorm	DBFM	D&C	D&C	D&C	D&C	D&C	DBFM
Aanbiedingsprijs	€ 60 mln. (O&R) € 20 mln. (B&O)	€ 16,4 mln.	€ 114,5 mln.	€ 57,866 mln.	€ 9,625 mln.	€ 11,57 mln.	€ 440 mln. (O&R) € 125 mln. (B&O)
Systems Engineering ICT-tool	Acces 2003 (MS)	Cradle 5.6 (3SL)	Cradle 5.6 (3SL)	Cradle 5.6 (3SL)	Cradle 5.6 (3SL)	Cradle 5.6 (3SL)	PKM (PKM Solutions)
Ingebruikname Systems Engineering ICT-tool	Vanaf het begin van de realisatiefase.	Halverwege de werkvoorbereiding. Reverse engineering vanuit Excel naar Cradle.	Tijdens de realisatiefase.	Sinds december 2006.	Vanaf de gunning.	Vanaf de start van de tenderfase.	Vanaf de start van de tenderfase. (volledige implementatie van ISO 15288)
Gebruik Systems Engineering ICT-tool door onderaannemers	Nee (één eisen-boombeheerder maakte alle aanpassingen en uitdraaien, zowel intern als richting onderaannemers)	Nee	• Advin (Dura Vermeer Groep nv) • Arcadis	• Advin (Dura Vermeer Groep nv)	• Advin (Dura Vermeer Groep nv) • Dura Vermeer Beton- en Waterbouw • Siemens • Nacap	• Advin (Dura Vermeer Groep nv) • Arcadis	Alle betrokken partijen incl. de opdrachtgever en de onderaannemers moeten er mee gaan werken na eventuele gunning.
Ervaring met Systems Engineering ICT-tool	Realiseren van werk op basis van SE is absoluut noodzakelijk in complexe projecten. Aan gezien deze niet heel groot is en de systematiek nieuw, is er veel geleerd over SE. Access werkte prima, maar had verder uitgewerkt kunnen worden.	Moeizaam in het begin. Veel opstartproblemen. Men is wel overtuigd van de meerwaarde van het gebruik.	Niet erg gebruiksvriendelijk en tijdrovend. Input vraagt veel energie, uiteindelijk is het resultaat positief. De onervarenheid met het programma brengt extra werk met zich mee.	In het begin lastig om het werkend te krijgen. Nu gaat dat vrij goed. Huidige uitdaging is om Cradle dynamisch te krijgen. Door de statische indeling wordt nu veel nutteloos werk gedaan.	Redelijk gebruiksvriendelijk. Voordeel van ervaring bij eerdere projecten. Probleem bij gebruik zit meer in het denken in SE processen. Printen moet makkelijker worden gemaakt.	Er is nog geen ervaring mee binnen dit project, de gunning is pas net geweest. De projectorganisatie is overigens groten deels dezelfde als bij project Hanzelijn; Drontermeer – Zwolle. Dit kan een voordeel zijn.	Het ontwikkelen en vullen van PKM met alle procesmatige en technische eisen heeft veel voeten in aarde. We zijn er nog lang niet, maar het vertrouwen bestaat dat het een goed werkend systeem wordt. De ISO 15288 heeft dermate grote consequenties voor het denken van ons bouwers dat daar nog veel te leren is.

Zoals uit Tabel 7 kan worden afgeleid, kan worden aangenomen dat de Systems Engineering deskundigheid binnen Dura Vermeer nog niet erg hoog zal zijn. Dit omdat er op dit moment pas een afgerond project is, dat met behulp van de Systems Engineering methodiek is uitgevoerd. Ook uit de informele gesprekken die de onderzoeker tijdens de loop van het onderzoek heeft gevoerd met het Dura Vermeer personeel dat betrokken is bij de bovenstaande projecten, blijkt dat er nog veel onduidelijkheid is over wat de voorgestelde Systems Engineering methodiek nu inhoudt. Ook is nog niet duidelijk wat voor consequenties het gebruik van deze methodiek heeft voor het ontwerp-, uitvoerings- en eventuele instandhoudingsproces bij infrastructurele projecten op basis van geïntegreerde contractvormen binnen Dura Vermeer.

Wanneer de onderzoeker het kleine aantal afgeronde en lopende projecten combineert met de informatie die hij informeel opvangt van het personeel dat de projecten uitvoert en deze combinatie afzet tegen de algemene eigenschappen van de Systems Engineering deskundigheid uit Tabel 3, dan moet worden geconcludeerd dat de Systems Engineering deskundigheid van Dura Vermeer voor geen enkele KFA boven klasse 3 (Defined) uit zal stijgen. De onderzoeker beslist hierom dat de SECAM vragen voor de in het onderzoek betrokken KFA's vanaf klasse 1 (Performed) tot en met klasse 3 (Defined) zullen worden beantwoord. Per SEPA zal deze beantwoording dus doorgaan tot de deskundigheidsklasse waar het eerst met 'nee' moet worden geantwoord. Een volledig overzicht van de te beantwoorden vragen uit het SECAM kan worden gevonden in Paragraaf 9.1 in de Bijlagen.

3.4.3 Keuze SEPA's

Er dient nu een keuze gemaakt te worden voor de projecten waarbij een SEPA zal worden uitgevoerd. Een overzicht van de tot nu toe afgeronde en lopende infrastructurele projecten op basis van geïntegreerde contractvormen binnen Dura Vermeer is reeds zichtbaar in Tabel 7.

De onderzoeker heeft op basis van het de informatie uit Tabel 7 en in overleg met de onderzoeksbegeleider vanuit Dura Vermeer besloten om bij twee van de zeven projecten geen SEPA uit te voeren.

Ten eerste zal er geen SEPA worden uitgevoerd bij het project 'DBFMcontract RW31'. Hier zijn meerdere redenen voor aan te dragen. Ten eerste zijn de werkzaamheden voor dit project al gestart in december 2003 en is het project reeds afgerond. De Systems Engineering deskundigheid die op dit project kan worden gemeten, zal dus meer zeggen over de stand van zaken van een aantal jaren geleden. Dit staat juist haaks op het meten van de huidige Systems Engineering deskundigheid. Ten tweede is er op dit project nooit gewerkt met een Systems Engineering ICT-tool Cradle, maar met een zelf ingerichte MS Acces database, waarbij alle werkzaamheden door een beheerder werden gemaakt. Hierdoor zullen de verschillen met de overige waarschijnlijk nog meer worden vergroot, zonder bij te dragen aan de bepaling van de werkelijke Systems Engineering deskundigheid binnen Dura Vermeer. Als laatste punt kan worden aangedragen dat kan worden verwacht dat de herinnering van de personen die bij dit project betrokken waren, waarschijnlijk niet helemaal meer zal overeenkomen met de werkelijkheid van een aantal jaren geleden. Dit wordt nog eens versterkt door het feit dat het project – op het beheer en onderhoud na – reeds is afgerond, waardoor het niet meer tot de dagelijkse bezigheden van de personen behoort.

Ten tweede zal er geen SEPA worden uitgevoerd bij het project 'Bypass Hanzelijn'. De reden hiervoor is vrij duidelijk. Dit project wordt uitgevoerd door dezelfde projectorganisatie die het project 'Hanzelijn; Drontermeer – Zwolle' uitvoert. Er wordt dus gebruik gemaakt van hetzelfde personeel, dezelfde hulpmiddelen en dezelfde Systems Engineering bedrijfsprocessen. De onderzoeker heeft dit geverifieerd bij de projectmanager en de systems engineer van de projecten.

Bij de overige vijf projecten zullen dus SEPA's worden uitgevoerd.

Projecten waar een SEPA wordt uitgevoerd:

- N31 Harlingen – Zurich;
- Overkappingsconstructie A2 Utrecht;
- Hanzelijn; Drontermeer - Zwolle;
- Reconstructie A28 – Hogeweg Amersfoort;
- Tweede Coentunnel.

4 Huidige Systems Engineering deskundigheid

4.1 Inleiding

Op basis van de onderzoeksstrategie en met behulp van de in Hoofdstuk 3 opgestelde toetsingscriteria moeten per project onderzoeksresultaten worden geleverd. Deze onderzoeksresultaten kunnen worden gevonden door het beantwoorden van de tweede centrale vraag (CV 2).

CV 2 Welke onderzoeksresultaten worden geleverd door het gebruik van de opgestelde toetsingscriteria voor het meten van de Systems Engineering deskundigheid bij grote infrastructurele projecten op basis van geïntegreerde contractvormen binnen Dura Vermeer?

Als product moeten onderzoeksresultaten per project worden geleverd die kunnen worden geanalyseerd zodat op basis van die analyse analyseresultaten kunnen worden geleverd die de Systems Engineering deskundigheid verklaren bij grote infrastructurele projecten op basis van geïntegreerde contractvormen binnen Dura Vermeer.

Zoals in Hoofdstuk 3 is uitgelegd, gaat de Systems Engineering deskundigheid van Dura Vermeer gemeten worden door het uitvoeren van SEPA's bij vijf infrastructurele projecten van Dura Vermeer die op basis van geïntegreerde contractvormen zijn aangenomen. Voor het correct uitvoeren van de SEPA's moeten alle vragen uit de aangepaste SECAM vragenlijst uit Paragraaf 9.1 van de Bijlagen worden beantwoord. Dit overigens wel per KFA tot en met het deskundigheidsniveau waarbij voor het eerst met 'nee' moet worden geantwoord. Tijdens dit proces moet de validiteit en de betrouwbaarheid van het onderzoek worden gegarandeerd. Hiernaast speelt ook de ontsluitbaarheid van de data een rol.

4.2 Onderzoeksbronnen

De onderzoeker heeft in Paragraaf 2.6.2 ervoor gekozen om casestudies uit te voeren bij de in Paragraaf 3.4.3 gekozen projecten. Deze casestudies zelf kunnen echter nog op meerdere manieren worden uitgevoerd. Er zal dus een keuze moeten worden gemaakt voor de uiteindelijke onderzoeksbron(nen) en de manier van ontsluiting van de bron(nen) waarmee de onderzoeker zijn data per case gaat verzamelen. Deze keuze hangt af van de te verwachten validiteit, betrouwbaarheid en ontsluitbaarheid van de data die benodigd is voor het onderzoek.

(Verschuren & Doorewaard, 2004)

De bronnen waaruit de data voor de bepaling van de Systems Engineering deskundigheid binnen Dura Vermeer kan worden gehaald zijn op basis van Verschuren & Doorewaard (2004) onder te verdelen in *personen*, *werkelijkheid* en *documenten*. In de overige twee mogelijke bronnen, *media* en *literatuur*, is geen data te vinden over dit onderwerp. Dit is ook logisch, omdat de data bedrijfsgevoelige informatie kan bevatten.

4.2.1 Werkelijkheid

De *werkelijkheid* zou een goede bron kunnen zijn, omdat deze bron data met een hoge objectiviteitswaarde levert. Het grote probleem bij deze bron, met betrekking tot het verzamelen van data waarmee het SECAM kan worden ingevuld, is echter dat niet alle processen en producten waarover vragen moeten worden beantwoord zich op ieder moment manifesteren. Veel vragen die beantwoord moeten worden, zijn namelijk verbonden aan specifieke fasen waarin de te onderzoeken projecten zich bevinden. In combinatie met de tijdspanne van ongeveer een maand die de onderzoeker heeft voor het verzamelen van de data kan worden afgeleid dat de onderzoeker niet bij alle verschillende fasen van de te onderzoeken projecten aanwezig kan zijn. Hierdoor neemt de ontsluitbaarheid van de *werkelijkheid* als bron dusdanig af, dat kan worden geconcludeerd dat voor dit onderzoek de *werkelijkheid* geen geschikte bron is. Een argument dat in deze afweging nog niet is meegenomen, is de wenselijkheid en wellicht zelfs de mogelijkheid van het gebruik van de *werkelijkheid*. De ontsluiting van de *werkelijkheid* kan namelijk plaatsvinden door middel van *observatie*, *meetinstrumenten* of *inhoudsanalyse*. De optie *meetinstrument* speelt hierbij niet echt een rol, omdat er geen *meetinstrumenten* voorhanden zijn voor het beantwoorden van de vragen uit het SECAM en de tijdspanne van het onderzoek te kort is voor het ontwikkelen van *meetinstrumenten* hiervoor. Bij de ontsluiting van de *werkelijkheid* door middel van *observatie* en *inhoudsanalyse* zullen waarschijnlijk ook de privacy van de betrokken personen en eventuele bedrijfsgeheimen gaan meespelen, waardoor het niet mogelijk is om bij alle processen aanwezig te zijn en alle producten onder ogen te krijgen. De ontsluiting van de gewenste data uit de *werkelijkheid* kan tevens hierdoor een probleem zijn.

4.2.2 Documenten

Ook *documenten* zouden een goede bron kunnen zijn voor leveren van data voor het invullen van het SECAM. Data uit *documenten* kan op twee manieren ontsloten worden. Door middel van *inhoudsanalyse* en door middel van een *zoeksysteem*. Deze laatste optie valt echter af, omdat de data die benodigd is voor het invullen van het SECAM niet te vinden is in een *zoeksysteem*. *Inhoudsanalyse* van *documenten* is een optie, maar ook hier zitten negatieve punten aan vast. Ten eerste kunnen niet alle vragen uit het SECAM beantwoord worden door *inhoudsanalyse* van *documenten*. De reden hiervoor is dat veel vragen uit het SECAM juist betrekking hebben op processen. Of processen plaatsvinden en op welke manier dit gebeurt, kan niet altijd uit *documenten* worden afgeleid. Ten tweede zijn er ook vragen in het SECAM waarin wordt gevraagd of bepaalde processen op een informele manier plaatsvinden. Een karakteristiek van informele processen is juist dat ze niet worden vastgelegd in *documenten*. Het laatste en belangrijkste punt is dat de mogelijkheid bestaat dat er een structureel verschil aanwezig is tussen de data die uit *documenten* kan worden gehaald en de werkelijke gang van zaken. De reden hiervoor is dat de meeste *documenten* waar data uit kan worden gehaald voor de beantwoording van de vragen uit het SECAM tegelijkertijd ook contractdocumenten zijn richting de opdrachtgever. Omdat de toegepaste Systems Engineering methodiek wordt opgelegd door de opdrachtgever en de opdrachtgever zich ook door middel van het contract het recht voorbehoudt om sancties op te leggen wanneer deze methodiek niet juist wordt toegepast, is de kans aanwezig dat de voorstelling van zaken in de *documenten* rooskleuriger is dan de werkelijke gang van zaken. Uit meerdere informele gesprekken die de onderzoeker heeft gevoerd met personeel van Dura Vermeer en Advin op het projectkantoor van project 'Hanzelijn; Drontermeer – Zwolle' blijkt ook dat deze gang van zaken plaatsvindt, met als duidelijkste voorbeeld de reverse engineering van het ontwerp naar systeemeisen. Wanneer *documenten* dus als databron worden gebruikt is de kans aanwezig dat de resultaten geen interne validiteit hebben. Om deze reden ziet de onderzoeker af van het gebruik van *documenten* voor het leveren van data voor het beantwoorden van de vragen uit het SECAM.

4.2.3 Personen

Als laatste mogelijkheid blijft *personen* over als onderzoeksbron waar de data voor het invullen van het SECAM uit kan worden ontsloten. Data uit *personen* kan worden ontsloten door middel van *ondervraging* en *observatie*. Deze laatste optie is vanwege dezelfde redenen als ontsluiting op basis van *observatie* van de *werkelijkheid* niet mogelijk. De argumentatie hiervoor is reeds gegeven in Paragraaf 4.2.1. De ontsluitingsmethode *ondervraging* blijft dan over, welke bestaat uit twee categorieën, te weten *enquête* en *interview*. Deze worden hier puntsgewijs besproken op basis van de te verwachten validiteit, betrouwbaarheid, en ontsluitbaarheid van de data die voortkomt uit de gebruikte onderzoeksmethode.

4.2.3.1 Enquête

Omdat het SECAM een reeds bestaand model is, zou het voorleggen en laten invullen van de vragenlijst door de verantwoordelijk systems engineer voldoende moeten zijn. Het SECAM wordt dan ingevuld als een *enquête*. Aan deze manier van ontsluiting van data kleven echter wat haken en ogen.

Er kan worden aangenomen dat het personeel dat zelf werkzaam is op het project, de Systems Engineering deskundigheid van zijn of haar eigen project waarschijnlijk hoger zal inschatten dan de werkelijke deskundigheid. Dit heeft te maken met het feit dat mensen zichzelf niet graag een onvoldoende score geven voor werkzaamheden die zij verrichten. Hiernaast kan het ook zo zijn dat een persoon sociaal wenselijke antwoorden geeft. Hij of zij wil zelf dan misschien nog wel toegeven dat niet alles goed verloopt op het project, maar wil de verantwoordelijken voor het slechte resultaat niet afvallen en geeft daarom een hogere deskundigheidsscore dan de werkelijke. In dat geval zou er sprake zijn van sociale wenselijkheid, waardoor de interne validiteit van het onderzoek in twijfel kan worden getrokken. Deze interne validiteitskwestie is ook besproken met de onderzoeksbegeleider vanuit Dura Vermeer en hij kwam ook tot deze conclusie.

De te verwachten antwoorden bij het afnemen van het SECAM zullen over het algemeen betrouwbaar zijn. Het SECAM is een beproefd model dat al sinds 1996 in gebruik is. INCOSE promoot het gebruik van het model nog steeds en hieruit kan worden afgeleid dat aan de betrouwbaarheid van het model niet hoeft te worden getwijfeld. Bij de interpretatie van de vragen uit het SECAM kunnen zich echter wel twee problemen voordoen. Het SECAM is ten eerste namelijk opgesteld in het Engels. De mate waarin de persoon die de SEPA uitvoert de Engelse taal machtig is, is dus van invloed op de betrouwbaarheid van de resultaten. Aangezien het onduidelijk is wat de talenkennis van de personen is die de SEPA's uit zouden moeten voeren, kan er van worden uitgegaan dat dit een negatief effect zal hebben op betrouwbaarheid van de resultaten. Ten tweede is het SECAM zelfs bij een goede kennis van de Engelse taal op meerdere manieren te interpreteren. Bij veel vragen uit het SECAM bestaat namelijk nog enige ruimte voor interpretatie. Ter indicatie van deze interpretatieruimte wordt hier een voorbeeld gegeven van een vraag uit het SECAM.

1.1-2.16 Does the work breakdown structure cover all the tasks and products necessary to the program?

Bij deze vraag wordt aan de persoon die de SEPA uitvoert, overgelaten om te beslissen wat alle taken en producten zijn die noodzakelijk zijn voor het programma. Het ene persoon zal wellicht meer of andere taken en producten noodzakelijk vinden voor het programma dan een ander persoon. Ook bestaat de mogelijkheid dat iemand de vraag met 'ja' beantwoordt wanneer in zijn ogen bijvoorbeeld 90% van alle noodzakelijke taken en producten worden gedekt door de WBS, terwijl iemand anders

dit pas met 'ja' beantwoordt als in zijn ogen echt alle noodzakelijke taken en producten door de WBS worden gedekt. Deze mogelijkheden tot verschillen in interpretatie van de vragen uit het SECAM leiden ook tot een negatief effect op de betrouwbaarheid van de resultaten.

Ook de ontsluitbaarheid van de data is van belang voor de keuze van de te gebruiken onderzoeksmethode. In het geval van het laten uitvoeren van de SEPA's door de verantwoordelijke systems engineers bij de in Paragraaf 3.4.3 benoemde projecten doet zich nog een praktisch probleem voor bij de ontsluitbaarheid van de data. Het volledig uitvoeren van een SEPA kost volgens INCOSE tussen de drie en vier dagen (INCOSE, 1996). In het geval bij de geplande SEPA's voor dit onderzoek zullen 14 van de 19 KFA's worden bekeken waardoor de benodigde tijd iets korter zal zijn per SEPA. Het gebrek aan dagelijkse ervaring met de Engelse taal zorgt er echter voor dat er meer tijd benodigd is voor het uitvoeren van een SEPA. De onderzoeker neemt hierom aan dat er per SEPA minimaal drie dagen benodigd zijn voor het uitvoeren ervan door de verantwoordelijke systems engineer. In overleg met de onderzoeksbegeleider van Dura Vermeer is gebleken dat de verantwoordelijke systems engineers geen drie dagen van hun tijd kunnen vrijmaken voor het uitvoeren van de SEPA's, omdat deze personen belangrijke posities bekleden binnen de projectorganisaties. Een punt wat bij deze discussie nog niet is meegenomen, is de vraag of de verantwoordelijke systems engineers de SEPA's ook willen uitvoeren. Deze vraag blijft hier echter verder onbeantwoord.

4.2.3.2 Interview

Een andere manier van ontsluiting die kan worden gebruikt om de data voor het uitvoeren van de SEPA's te bemachtigen, is het *interview*. De onderzoeker kan *interviews* afnemen bij de verantwoordelijken voor de toepassing van de Systems Engineering methodiek bij de in Paragraaf 3.4.3 gekozen projecten.

Wanneer de onderzoeker *interviews* afneemt, kan de, bij de *enquête* besproken, sociale wenselijkheid van de antwoorden worden voorkomen. De onderzoeker zal hier zelf toezicht op moeten houden door continu bewust te zijn van de mogelijkheid dat de respondent een sociaal wenselijk antwoord geeft. Door een tactische manier van interviewen en op het juiste moment vragen om toelichtingen op antwoorden kan de onderzoeker voorkomen dat respondenten antwoorden in de mond worden gelegd. De respondent blijft hierdoor grotendeels in het ongewisse over wat het sociaal wenselijke antwoord is, wat positief bijdraagt aan de interne validiteit van het onderzoek. De vertaling van de standaard vragen uit het SECAM naar open interview vragen heeft daarentegen een mogelijk negatief effect op de interne validiteit. De onderzoeker is namelijk verantwoordelijk voor de vertaling van de data uit de *interviews* naar antwoorden op de vragen uit het SECAM. De kwaliteit van deze vertaling is erg afhankelijk van de kwaliteit van de *interviews* en van de wijze van vertalen door de onderzoeker.

De betrouwbaarheid van de data bij *interviews* zal waarschijnlijk hoger zijn dan bij een *enquête*. De *interviews* kunnen namelijk in het Nederlands worden afgenomen, waardoor de talenkennis van de respondent geen rol meer speelt bij de bepaling van de betrouwbaarheid. In het ergste geval kan de onderzoeker zelf een interpretatiefout maken bij de vertaling van de *interviews* naar het SECAM, maar dit zal niet negatief zijn voor de betrouwbaarheid, omdat deze fout dan structureel bij alle SEPA's zal worden gemaakt. Eenzelfde redenering gaat op voor de wijze waarop met de interpretatieruimte binnen de vragen uit het SECAM wordt omgegaan. Ook hierbij is het mogelijk dat de onderzoeker zelf een interpretatiefout maakt, maar deze fout wordt dan ook structureel bij alle SEPA's gemaakt, zodat dit ook geen negatief effect zal hebben op de betrouwbaarheid.

Met betrekking tot de ontsluitbaarheid van de data door middel van *interviews* zijn er weinig problemen te verwachten. De onderzoeker kan met behulp van de onderzoeksbegeleider van Dura Vermeer een lijst met gewenste respondenten opstellen. Er kan telefonisch contact worden opgenomen met deze personen om te vragen of zij mee willen werken aan het onderzoek. De verwachting van de onderzoeker is dat deze personen mee zullen werken aan het onderzoek. Ten eerste bevindt het onderzoek zich namelijk op hun vakgebied en daarnaast kost het afnemen van een *interview* ook niet erg veel tijd. Bijkomend voordeel van het *interview* als ontsluitingsmethode is dat de respondenten zich niet voor hoeven te bereiden of zelf ergens expliciet moeite voor hoeven te doen. Het voeren van een gesprek ervaren de meeste personen namelijk niet als vervelend, terwijl dit bij het uitvoeren van een SEPA sneller het geval zou zijn. De relatief korte tijd die deze ontsluitingsmethode een respondent kost, in combinatie met de niet snel vervelende aard ervan, maken dat de ontsluitbaarheid van deze methode hoog uitvalt. Hier komt bij dat het uitvoeren van meerdere *interviews* per project ook binnen een tijdspanne van ongeveer een maand kan worden gedaan. Dit komt overeen met de tijd die de onderzoeker beschikbaar heeft voor het verzamelen van data voor de SEPA's.

4.2.4 Keuze onderzoeksbronnen en manieren van ontsluiting

Uit de bovenstaande beschrijving van de mogelijke onderzoeksbronnen en de daarbij te gebruiken manieren van ontsluiting kiest de onderzoeker ervoor de onderzoeksbron *personen* te gebruiken. De data die benodigd is voor het invullen van de SEPA's wordt ontsloten door middel van het afnemen van *interviews*. De argumentatie voor deze keuze is reeds beschreven in de bovenstaande Paragrafen. Omdat er gebruik wordt gemaakt van een onderzoeksmethode, is er geen sprake van methodentriangulatie. Omdat de onderzoeker wel een zo hoog mogelijke interne validiteit en betrouwbaarheid wil halen met de middelen die voorhanden zijn, zal er gebruik worden gemaakt van bronnentriangulatie (Verschuren & Doorewaard, 2004). Per project wordt getracht bij meerdere personen die verantwoordelijk zijn voor de toepassing van de Systems Engineering methodiek bij het project *interviews* af te nemen. Hiernaast zullen de tussenresultaten van het onderzoek zoveel mogelijk worden teruggekoppeld naar de respondenten, waarbij expliciet om inhoudelijke reacties op de documenten zal worden gevraagd. De uitwerkingen van de interviews en de ingevulde SEPA's worden hierbij opgevat als de tussenresultaten. Door deze actieve terugkoppeling zal de interne validiteit van het onderzoek worden verhoogd.

4.3 Interview

Nu de keuze voor de te gebruiken onderzoeksmethode is gemaakt, moeten hiervoor de juiste voorbereidingen worden getroffen. Bij de argumentatie van de keuze voor het afnemen van interviews is reeds uitgelegd dat bij een open interview de meest geschikte data kan worden verwacht voor het invullen van de SEPA's. Aan het interview moet door de onderzoeker echter wel op de juiste manier richting worden gegeven. Een hulpmiddel hierbij is het opstellen van interviewvragen (Verschuren & Doorewaard, 2004). Vanwege de aard van het interview moeten dit ook erg open vragen zijn. De hoofdreden voor het opstellen van de vragen is dan ook met name dat er enige lijn en richting is bij het afnemen van de interviews, waardoor het risico dat de interviews onbruikbaar zijn, wordt verkleind. Tevens moet een lijst met beoogde respondenten worden opgesteld, op basis van hun verantwoordelijkheid voor de toepassing van de Systems Engineering methodiek bij de gekozen projecten.

4.3.1 Opstellen interviewvragen

De interviewvragen, die als richtlijn dienen voor de vraagstelling tijdens de interviews, worden opgesteld op basis van de 14 KFA's uit het SECAM die onderdeel uitmaken van dit onderzoek. De vragen uit het SECAM uit Paragraaf 9.1 van de Bijlagen en de KFA SECAM informatie uit Paragraaf 9.2 van de Bijlagen geven handreikingen voor het opstellen van deze interviewvragen.

In Paragraaf 9.3 van de Bijlagen zijn de interviewvragen weergegeven die op deze manier zijn opgesteld. Per vraag is de betreffende KFA aangegeven waarvoor de vraag data op moet leveren. Dit kunnen ook meerdere KFA's zijn per vraag. Bij de laatste vraag is overigens geen sprake van een KFA, omdat het hier meer een algemene, overkoepelende vraag betreft die op alle KFA's van belang kan zijn. Tevens is per interviewvraag tussen haakjes aangegeven waar de onderzoeker op moet focussen tijdens het gesprek. Bij veel interviewvragen zijn dit ongeveer dezelfde focuspunten, maar bij sommige KFA's zijn ook echt afwijkende aan te wijzen.

Voorafgaand aan de interviews zal de onderzoeker overigens expliciet duidelijk maken wat de doelstelling van het onderzoek is en op welke manier de onderzoeker deze doelstelling wil bereiken. De onderzoeker zal dus expliciet duidelijk maken dat het niet de bedoeling is om het project waarbij de respondent betrokken is te beoordelen en daarop af te rekenen, maar dat het de bedoeling is om analyseresultaten te leveren die de Systems Engineering deskundigheid verklaren. Tevens wordt hierbij vermeld dat dit kan bijdragen aan het opstellen van een algemene werkwijze voor de toepassing van de Systems Engineering methodiek tijdens toekomstige, grote infrastructurele projecten op basis van geïntegreerde contractvormen binnen Dura Vermeer. Op deze manier wordt de eventuele achterdocht van de respondent ten opzichte van het onderzoek zoveel mogelijk weggenomen. Tevens wordt hierdoor duidelijk dat het onderzoek kan bijdragen aan het reduceren van de projectrisico's en -kosten binnen de organisatie. Hiernaast zal de onderzoeker duidelijk maken dat het de bedoeling is dat de respondent zoveel mogelijk vertelt over de processen en producten die te maken hebben met de desbetreffende interviewvraag. Respondenten worden dus aangemoedigd om zich niet afwachtend op te stellen bij het interview.

4.3.2 Keuze respondenten

De gewenste respondenten dienen nu te worden bepaald. De onderzoeker doet dit in overleg met de onderzoeksbegeleider van Dura Vermeer. Per project wordt getracht om een respondent met een managementfunctie en een respondent met een functie als systems engineer – of een functie die in de praktijk daar het dichtst bij in de buurt komt – te interviewen. Naast deze respondenten per project, is het ook van belang om de persoon te interviewen die zich op organisatieniveau bezighoudt met het samenvoegen van de opgelegde Systems Engineering methodiek met de aanwezige bedrijfsprocessen binnen Dura Vermeer. Data uit dat interview kan niet worden gebruikt voor het beantwoorden van projectspecifieke vragen uit het SECAM, maar kan wel gebruikt worden als versterking van de beantwoording van vragen uit het SECAM die organisatiebrede processen beschrijven. In Tabel 8 op de volgende pagina is een overzicht van gewenste respondenten weergegeven.

Na telefonisch contact met de respondenten bleek dat zij allen hun medewerking wilden verlenen aan het onderzoek. De onderzoeker heeft daarop in samenspraak met de respondenten afspraken gepland voor het afnemen van de interviews. Alle interviews zijn afgenomen op de werkplek van de desbetreffende respondent.

Tabel 8: Respondenten interview

PROJECT 'N31 HARLINGEN – ZURICH'	
Management	<i>P.S.J. van der Weide</i>
Systems Engineering	<i>H. Tragter</i>
PROJECT 'OVERKAPPINGSCONSTRUCTIE A2 UTRECHT'	
Management	<i>P.H.J. Gossink</i>
Systems Engineering	<i>M.G.H. oude Lohuis</i>
PROJECT 'HANZELIJN; DRONTERMEER – ZWOLLE'	
Management	<i>M.J.L. Schwarte</i>
Systems Engineering	<i>C.A. Beuwer</i>
PROJECT 'RECONSTRUCTIE A28 – HOGEWEG AMERSFOORT'	
Management	<i>G.M. de Boer</i>
Systems Engineering	<i>J.P.M. den Hertog – Jansen</i>
PROJECT 'TWEDE COENTUNNEL'	
Management	<i>F.O.E. Keizer</i>
Systems Engineering	<i>E. de Moel (Arcadis)</i>
ORGANISATIE 'DURA VERMEER, BU GROTE PROJECTEN'	
Process Management	<i>R. Bode</i>

4.3.3 Interviewresultaten

De onderzoeker heeft alle interviews volgens planning kunnen afnemen. Bij het afnemen van de interviews voor het project 'Tweede Coentunnel' kwam de onderzoeker er echter achter dat dit project niet moest worden betrokken bij het onderzoek. De reden hiervoor is dat de wijze waarop bij dit project invulling wordt gegeven aan de Systems Engineering methodiek niet strookt met de doelstelling van het onderzoek.

De onderzoeker wil namelijk analyseresultaten leveren die de Systems Engineering deskundigheid verklaren bij grote infrastructurele projecten op basis van geïntegreerde contractvormen binnen Dura Vermeer. Bij het project 'Tweede Coentunnel' is het systeem dat wordt gebruikt voor de toepassing van de Systems Engineering methodiek niet ingebracht door Dura Vermeer, maar door TBI Haverkort. Het betreft hier de Systems Engineering ICT-tool PKM van PKM Solutions. Bij navraag bleek zelfs dat bij dit project al voor deze ICT-tool was gekozen voordat Dura Vermeer organisatiebreed een keus had gemaakt voor Cradle 5.6 van 3SL als Systems Engineering ICT-tool. De reden dat project 'Tweede Coentunnel' toch als een van de meest recente projecten in Tabel 7 naar voren komt, heeft te maken met de lange doorlooptijd van de tenderfase, die ook nog met enkele vertragen te kampen had. Door het grote aantal combinanten binnen het project en door de externe afkomst van de Systems Engineering ICT-tool en de Systems Engineering bedrijfsprocessen zou het

heel erg moeilijk zijn om aan te geven wat het aandeel van Dura Vermeer zou zijn van de Systems Engineering deskundigheid bij dit project. Dit probleem is ook expliciet door de respondenten van dit project aangegeven. Wanneer dit onderzoekstechnische probleem wordt gecombineerd met de latere keuze van Dura Vermeer om organisatiebreed een andere Systems Engineering ICT-tool te gebruiken, kan worden geconcludeerd dat dit project niet moet worden betrokken bij dit onderzoek. De onderzoeker raadt de personen die binnen Dura Vermeer verantwoordelijk zijn voor de verbetering van de toekomstige, organisatiebrede toepassing van de Systems Engineering methodiek echter wel aan om het project 'Tweede Coentunnel' periodiek te bezoeken. In overleg met de systems engineers van dit project kunnen dan nieuwe, waardevolle inzichten worden verkregen, die wellicht kunnen worden geïmplementeerd binnen de organisatiebrede Systems Engineering bedrijfsprocessen van Dura Vermeer waarvan nu de eerste opzet wordt gemaakt.

De interviewresultaten behorend bij de vier projecten die wel betrokken zijn bij de verdere uitvoering van het onderzoek, zijn te vinden in Paragraaf 9.4 van de Bijlagen.

4.4 **SECAM**

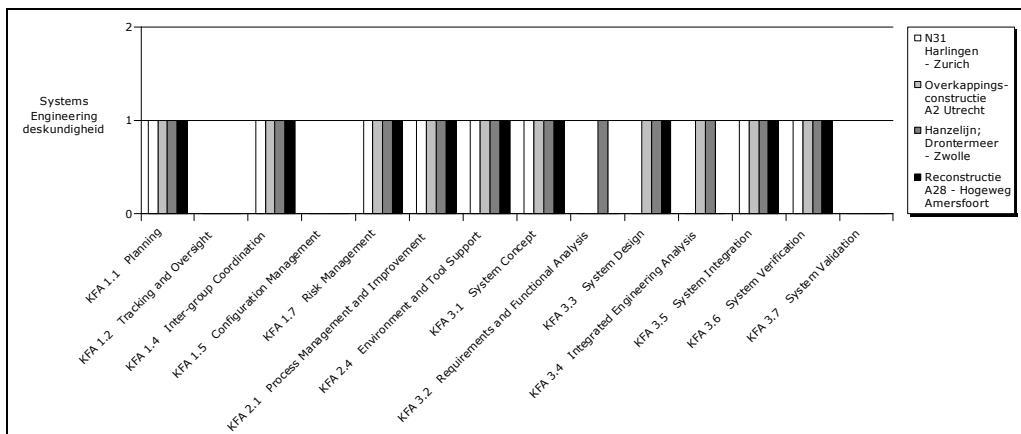
Met behulp van de interviewresultaten uit Paragraaf 9.4 van de Bijlagen en met het gebruik van de onderzoeksmethode uit Paragraaf 4.2.4 is het mogelijk om de Systems Engineering deskundigheid van de verschillende projecten te bepalen door de beantwoording van de vragen uit het SECAM voor iedere SEPA. De ingevulde SEPA's zijn te vinden in Paragraaf 9.5 van de Bijlagen.

Zoals in Paragraaf 9.5 van de Bijlagen zichtbaar is, zijn enkele vragen van KFA 3.1 'System Concept' grijs gearceerd en niet meegenomen bij de bepaling van de Systems Engineering deskundigheid. De reden hiervoor is dat de Systems Engineering processen en producten die gepaard gaan met deze vragen door de aard van de contracten binnen de Nederlandse GWW-sector reeds door de betrokken publieke opdrachtgever moeten worden uitgevoerd. Het gaat hier namelijk om de bepaling van het soort systeem en het beoogde gebruik hiervan. In de huidige praktijk van de Nederlandse GWW-sector blijkt dat deze punten door middel van de vraagspecificatie worden opgelegd. Wanneer deze vragen moeten worden beantwoord door Dura Vermeer, zou er voor deze KFA een vertekend beeld ontstaan met betrekking tot de Systems Engineering deskundigheid.

In Tabel 9 op de volgende pagina zijn de vereenvoudigde scores naar deskundigheidsklasse per KFA zichtbaar voor alle uitgevoerde SEPA's. De betekenis van de cijfers en de daarbij horende deskundigheidsklassen is reeds verduidelijkt in Tabel 3. De berekening van deze deskundigheidsklassen is ook reeds besproken in Paragraaf 3.2.1. Het komt er op neer dat een deskundigheidsklasse wordt toegerekend wanneer alle vragen behorende bij een deskundigheidsklasse met 'ja' kunnen worden beantwoord. Dit proces wordt voor iedere KFA afzonderlijk uitgevoerd voor alle SEPA's.

Tabel 9: Systems Engineering deskundigheidsklasse per KFA (0 = Initial, 1 = Performed)

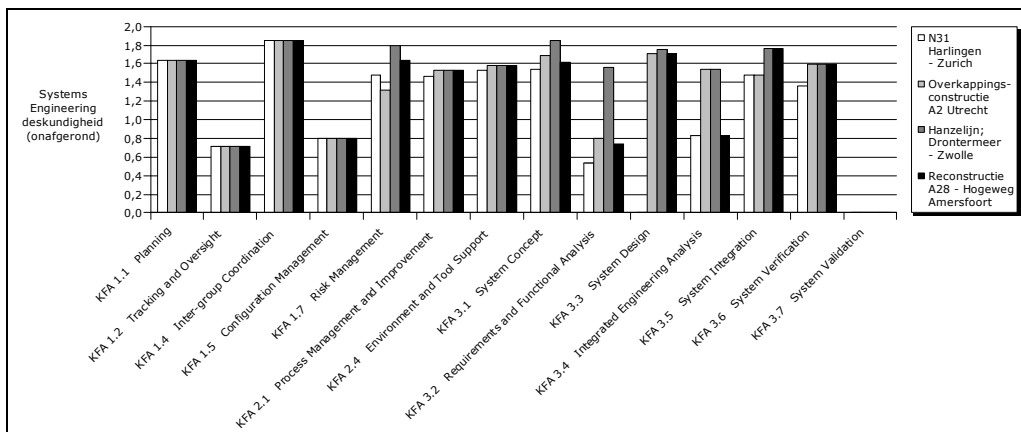
	N31 Harlingen - Zurich	Overkappings- constructie A2 Utrecht	Hanzelijn; Drontmeer - Zwolle	Reconstructie A28 - Hogeweg Amersfoort
KFA 1.1 Planning	1	1	1	1
KFA 1.2 Tracking and Oversight	0	0	0	0
KFA 1.4 Inter-group Coordination	1	1	1	1
KFA 1.5 Configuration Management	0	0	0	0
KFA 1.7 Risk Management	1	1	1	1
KFA 2.1 Process Management and Improvement	1	1	1	1
KFA 2.4 Environment and Tool Support	1	1	1	1
KFA 3.1 System Concept	1	1	1	1
KFA 3.2 Requirements and Functional Analysis	0	0	1	0
KFA 3.3 System Design	0	1	1	1
KFA 3.4 Integrated Engineering Analysis	0	1	1	0
KFA 3.5 System Integration	1	1	1	1
KFA 3.6 System Verification	1	1	1	1
KFA 3.7 System Validation	0	0	0	0

**Figuur 7: Systems Engineering deskundigheidsklasse grafiek (0 = Initial, 1 = Performed)**

Uit het bovenstaande blijkt dat de scores die in Tabel 9 en Figuur 7 zichtbaar zijn, dus een vrij ruwe vertaling van de antwoorden op de vragen uit het SECAM naar de deskundigheidsklasse per KFA zijn. De mogelijkheid kan zich dus voordoen dat bij twee verschillende SEPA's deskundigheidsklasse 1 wordt gescoord, terwijl bij een SEPA geen enkele vraag van het volgende niveau met 'ja' kan worden beantwoord en bij de andere SEPA op een vraag na alle vragen met 'ja' kunnen worden beantwoord. De onderzoeker heeft om deze reden besloten een overzicht van de onafgeronde resultaten van de SEPA's weer te geven in Tabel 10 en Figuur 8 op de volgende pagina. De berekening van de onafgeronde resultaten vindt plaats door per KFA bij de score uit Tabel 9 het quotiënt van het aantal met 'ja' beantwoorde vragen uit de opeenvolgende deskundigheidsklasse ten opzichte van het totale aantal vragen uit deze deskundigheidsklasse op te tellen. Op deze manier kan een genuanceerder beeld worden gegeven van de behaalde deskundigheidsklasse. Het is nu mogelijk om een indicatie te geven van de hoeveelheid moeite die nog moet worden gestoken in het behalen van de opeenvolgende deskundigheidsklasse per KFA.

Tabel 10: Systems Engineering deskundigheidsklasse per KFA (onafgerond)

	N31 Harlingen - Zurich	Overkappings- constructie A2 Utrecht	Hanzelijn; Drontmeer - Zwolle	Reconstructie A28 - Hogeweg Amersfoort
KFA 1.1 Planning	1,636	1,636	1,636	1,636
KFA 1.2 Tracking and Oversight	0,714	0,714	0,714	0,714
KFA 1.4 Inter-group Coordination	1,850	1,850	1,850	1,850
KFA 1.5 Configuration Management	0,800	0,800	0,800	0,800
KFA 1.7 Risk Management	1,474	1,316	1,789	1,632
KFA 2.1 Process Management and Improvement	1,471	1,529	1,529	1,529
KFA 2.4 Environment and Tool Support	1,526	1,579	1,579	1,579
KFA 3.1 System Concept	1,538	1,692	1,846	1,615
KFA 3.2 Requirements and Functional Analysis	0,533	0,800	1,567	0,733
KFA 3.3 System Design	0,000	1,708	1,750	1,708
KFA 3.4 Integrated Engineering Analysis	0,833	1,545	1,545	0,833
KFA 3.5 System Integration	1,476	1,476	1,762	1,762
KFA 3.6 System Verification	1,364	1,591	1,591	1,591
KFA 3.7 System Validation	0,000	0,000	0,000	0,000

**Figuur 8: Systems Engineering deskundigheidsklasse grafiek (onafgerond)**

In het bovenstaande zijn enkel de behaalde deskundigheidsklassen per KFA voor alle SEPA's weergegeven, zowel volgens de methode uit het SECAM (INCOSE, 1996) als op de door de onderzoeker voorgestelde wijze. Er is echter nog geen poging gedaan om analyseresultaten uit deze onderzoeksresultaten af te leiden. Dit is echter ook expliciet niet de bedoeling omdat hierdoor volgens Huberman & Miles (2002) juist veel kwalitatieve onderzoeken problemen ondervinden. Door de afwezigheid van een gedegen analyse van de onderzoeksresultaten wordt ten eerste de kans vergroot dat bepaalde verbanden die uit de onderzoeksresultaten kunnen worden afgeleid niet worden gevonden. Ten tweede is het negatief voor de interne validiteit van het onderzoek, wanneer de wijze waarop de analyseresultaten worden geleverd niet duidelijk is gemaakt. Het beschrijven van de analysemethode waarmee de onderzoeksresultaten worden geanalyseerd, maakt de stap van onderzoeksresultaten naar analyseresultaten inzichtelijk, waardoor de interne validiteit hoger zal zijn, dan in het geval dat er geen analyse wordt uitgevoerd.

5 Analyse Systems Engineering deskundigheid

5.1 Inleiding

Op basis van de onderzoeksstrategie en met behulp van de onderzoeksresultaten uit Hoofdstuk 4 moeten nu analyseresultaten worden geleverd die de gemeten Systems Engineering methodiek deskundigheid verklaren. Deze analyseresultaten kunnen gevonden worden door het beantwoorden van de derde centrale vraag (CV 3).

CV 3 Welke analyseresultaten kunnen worden geleverd door de analyse van de gemeten Systems Engineering deskundigheid bij grote infrastructurele projecten op basis van geïntegreerde contractvormen binnen Dura Vermeer?

Als product moeten analyseresultaten worden geleverd die de gemeten Systems Engineering deskundigheid verklaren bij grote infrastructurele projecten op basis van geïntegreerde contractvormen binnen Dura Vermeer. Dit product wordt geleverd door de beantwoording van de twee deelvragen behorend bij de derde centrale vraag (CV 3) zoals zichtbaar in Paragraaf 2.4.

5.2 Analysemethode

Voor de beantwoording van de eerste deelvraag (DV 3.1) dient volgens de opgestelde onderzoeksstrategie een bureauonderzoek te worden uitgevoerd waarin de methode voor het analyseren van de onderzoeksresultaten wordt bepaald.

DV 3.1 Op welke wijze kunnen de onderzoeksresultaten van de gemeten Systems Engineering deskundigheid worden omgezet in analyseresultaten die de gemeten Systems Engineering deskundigheid verklaren?

Het SECAM geeft enkel de Systems Engineering deskundigheid van een project aan per KFA, maar verklaart niet waarom een project de Systems Engineering deskundigheid heeft, die wordt gemeten. De resultaten van de uitgevoerde SEPA's uit Hoofdstuk 4 dienen dus te worden geanalyseerd om de uitkomsten ervan op de juiste waarde te kunnen schatten. De reden hiervoor is reeds kort uitgelegd in Paragraaf 4.4. Voor het verklaren van de gemeten Systems Engineering deskundigheid zal de onderzoeker een kwalitatieve methode gebruiken, waarbij de Systems Engineering deskundigheid van de projecten wordt gecombineerd met andere factoren die van belang zouden kunnen zijn voor de Systems Engineering deskundigheid. Huberman & Miles (2002) geven hiervoor handreikingen.

De cases zullen eerst afzonderlijk worden beschreven. De belangrijkste kenmerken van de betreffende case worden hierbij uiteengezet. De reden voor deze casebeschrijving is dat er per afzonderlijke case voldoende diepgang wordt behaald. Volgens Huberman & Miles (2002) is deze stap belangrijk voor het genereren van inzicht, omdat het de onderzoeker vroeg in de analyseproces helpt om te gaan met grote hoeveelheden data. De data die gebruikt wordt bij deze casebeschrijvingen komt voornamelijk voort uit de interviews die zijn afgenomen. Wanneer dit echter niet het geval is, zal de onderzoeker de bron van de data expliciet vermelden.

De tweede stap in het analyseproces is het zoeken naar patronen tussen de verschillende cases op basis van kenmerken van deze cases. Deze kenmerken komen voornamelijk voort uit de casebeschrijvingen. Een voorbeeld van een kenmerk van een case is bijvoorbeeld de ervaren tijdsdruk op een project. Wanneer uit de analyse blijkt dat de Systems Engineering deskundigheid van projecten waar geen hoge tijdsdruk wordt ervaren significant hoger is, dan van de projecten waar wel een grote tijdsdruk wordt ervaren, dan kan de onderzoeker hieruit concluderen dat er een verband kan bestaan tussen de tijdsdruk die wordt ervaren op een project en de Systems Engineering deskundigheid van een project. De ervaren tijdsdruk kan in dit voorbeeld worden aangemerkt als de onafhankelijke variabele en de gemeten Systems Engineering deskundigheid de afhankelijke variabele. Analooq aan dit voorbeeld zal de onderzoeker proberen achter zoveel mogelijk verbanden te komen waarbij de Systems Engineering deskundigheid de afhankelijke variabele is.

Deze onafhankelijke variabelen kunnen dan in een tabelvorm worden gepresenteerd om zo op zoek te gaan naar overeenkomsten, verschillen, of andere patronen die gevonden kunnen worden wanneer deze onafhankelijke variabelen worden uitgezet tegen de afhankelijke variabele. Er dient opgemerkt te worden dat de onderzoeker gebruik maakt van de afgeronde waarde voor de Systems Engineering deskundigheid, zoals zichtbaar in Tabel 10. Deze waarden zullen dus de afhankelijke variabelen zijn bij deze analyse.

5.3 Analyseresultaten

Zoals in Paragraaf 5.2 uitgelegd, bestaan de analyseresultaten in ieder geval uit de casebeschrijvingen en de casevergelijking. Voor de beantwoording van de tweede deelvraag (DV 3.2) dienen als derde onderdeel de analyseresultaten te worden gepresenteerd. Hierbij wordt ook een koppeling gelegd met de scores voor op de verschillende KFA's die werden gemeten door de uitgevoerde SEPA's omdat dit pas op dit moment goed mogelijk is.

DV 3.2 Wat leert ons de analyse van de onderzoeksresultaten van de gemeten Systems Engineering deskundigheid tijdens grote infrastructurele projecten op basis van geïntegreerde contractvormen binnen Dura Vermeer?

5.3.1 Casebeschrijvingen

N31 Harlingen – Zurich

Het project 'N31 Harlingen – Zurich' betreft het verbreden van de N31 naar een A31 op basis van een D&C-contract. De opdrachtgever is Rijkswaterstaat en de start van het project was in juli 2006. In december 2008 dient het project te worden opgeleverd. De aanbestedingsprijs bedraagt € 16,4 mln. en het werk wordt samen met Ballast Nedam gerealiseerd in de combinatie De Eendracht vof waarin beide bedrijven een gelijk aandeel hebben en waarin ze beide risicodragend zijn voor het volledige project. De complexiteit van de organisatiestructuur kan hierdoor als gemiddeld worden beschouwd. Door de aard van de werkzaamheden kan de technische complexiteit als relatief laag worden beschouwd. Er is een aanbestedingsontwerp gemaakt op basis van een vraagspecificatie met ongeveer 1000 contracteisen, waarvan achteraf gezien veel eisen niet SMART waren. Het aanbestedingsontwerp is niet ontworpen op basis van de contracteisen, maar meer op gevoel, waardoor na gunning van het project door de ingenieursbureaus Advin (Dura Vermeer) en IC+E (Ballast Nedam) een reverse engineering proces is gestart om het aanbestedingsontwerp alsnog op de contracteisen te laten aansluiten. De Systems Engineering ICT-tool Cradle is overigens pas vanaf halverwege de werkvoorbereiding in gebruik genomen, maar deze werd en wordt enkel gebruikt door Dura Vermeer en Ballast Nedam en

niet door de ingenieursbureaus. Ook bij de planning was geen rekening gehouden met de implicaties die de Systems Engineering methodiek hierop zou hebben, waardoor er eigenlijk al met een achterstand aan het project is begonnen. Zowel bij de projectorganisatie als bij de ingenieursbureaus was overigens geen ervaring op het gebied van Systems Engineering aanwezig. Het is de ingenieursbureaus dan ook niet gelukt om de achterstand op de planning in te halen, waardoor er eigenlijk tijdens de volledige doorlooptijd van het project een grote tijdsdruk werd en wordt ervaren. Wat hiernaast nog als een negatieve factor wordt beschouwd is de fysieke afstand tussen het projectkantoor en de ingenieursbureaus. Deze werken namelijk beide vanaf hun hoofdkantoor, waardoor face-to-face contact wordt bemoeilijkt. Het Systems Engineering leerproces kan het beste worden omschreven als 'trial & error'. Ook is er niet deelgenomen aan organisatiebrede procesverbeteringen. De opdrachtgever heeft overigens middels het contract de mogelijkheid om wekelijkse systeem-, proces-, en producttoetsen af te nemen om de toepassing van de Systems Engineering methodiek te controleren. Er dient echter te worden opgemerkt dat bijvoorbeeld het maken van trade-off matrices geen contracteis is en dat de opdrachtgever de middels het contract opgelegde Systems Engineering methodiek niet streng controleert.

Overkappingsconstructie A2 Utrecht

Het project 'Overkappingsconstructie A2 Utrecht' betreft het overkappen van de A2 bij Utrecht, waarbij de vier tunnelbuizen van 1650 m moeten voldoen aan de nieuwe tunnelwet. Het project wordt uitgevoerd op basis van een D&C-contract. De opdrachtgever is Rijkswaterstaat en de start van het project was in augustus 2006. In juli 2010 dient het project te worden opgeleverd. De aanbestedingsprijs bedraagt € 114,5 mln. en het werk wordt samen met Besix en GTI gerealiseerd in de combinatie DoDo vof waarbinnen alle bedrijven enkel risicodragend zijn voor hun eigen onderdeel van het project. Er is zelfs nog sprake van een combinatie binnen DoDo vof waardoor de organisatiestructuur als vrij complex kan worden beschouwd. Door de aard van de werkzaamheden kan de technische complexiteit als relatief hoog worden beschouwd. Er is een aanbestedingsontwerp gemaakt op basis van een vraagspecificatie met ongeveer 4000 contracteisen. Er zit geen expliciete structuur in deze eisen, maar deze is impliciet wel te vinden. Verder valt op dat het er sterk op lijkt dat het een omgebouwd RAW-bestek is, omdat sommige eisen de oplossing al aandragen. Ook het feit dat de initiatief-fase voor het project al meer dan 15 jaar geleden is gestart, versterkt dit vermoeden. Verder valt op dat de contracteisen niet volledig SMART zijn opgesteld. Het aanbestedingsontwerp is tijdens de tender-fase deels op basis van ervaring en deels op basis van de contracteisen gemaakt. Na gunning van het project aan DoDo vof gingen de ingenieursbureaus Arcadis en Advin aan het werk met het omzetten van de contracteisen in systeemeisen. Het eerste halfjaar was er geen speciale Systems Engineering ICT-tool beschikbaar en werd deze omzetting bijgehouden in spreadsheets. Na dat halfjaar werd Cradle 5.6 van 3SL geïmplementeerd binnen de projectorganisatie en dit programma werd ook gebruikt door de ingenieursbureaus. De hiermee gepaarde omzetting van de Systems Engineering data uit spreadsheets naar Cradle leverde veel problemen op. De ervaren tijdsdruk binnen de projectorganisatie is vanaf gunning hoog geweest, omdat er snel duidelijk was dat er niet genoeg tijd was ingepland voor de testen die gepaard gaan met het voldoen aan de nieuwe tunnelwet. Zowel bij de combinanten als bij de betrokken ingenieursbureaus was geen ervaring op het gebied van Systems Engineering. Met betrekking tot de fysieke afstand tussen het projectkantoor en de ingenieursbureaus kan worden gemeld dat deze niet groot is, waardoor het relatief makkelijk is om face-to-face contact te hebben. Verder wordt er door medewerkers die verantwoordelijk zijn voor de toegepaste Systems Engineering methodiek deelgenomen aan organisatiebrede procesverbeteringen. Met betrekking tot de controle van de opdrachtgever kan worden gezegd dat deze, mede door de matige kwaliteit van de eigen vraagspecificatie, niet alle punten van de middels het contract opgelegde Systems Engineering methodiek streng controleert.

Hanzelijn; Drontermeer - Zwolle

Het project 'Hanzelijn; Drontermeer - Zwolle' betreft het aanleggen van de onderbouw van de Hanzelijn tussen Drontermeer en Zwolle inclusief de kunstwerken van de N50 en de aanpassingen aan het wegennet te Kampen. Het project wordt uitgevoerd op basis van een D&C-contract. De opdrachtgever is Rijkswaterstaat en de start van het project was in oktober 2006. In juli 2011 dient het project te worden opgeleverd. De aanbiedingsprijs bedraagt € 57,866 mln. en het werk wordt niet met combinanten gerealiseerd waardoor de complexiteit van de organisatiestructuur als laag kan worden beschouwd. Door de aard van de werkzaamheden kan de technische complexiteit als gemiddeld worden beschouwd. Er is een aanbiedingsontwerp gemaakt op basis van een vraagspecificatie waarin de contracteisen expliciet zijn opgedeeld in ontwerp- en realisatie-eisen en proceseisen. De structuur in deze opdelingen zelf is ook goed te noemen. Verder zijn de meeste contracteisen SMART en worden er geen concrete oplossingen aangedragen. De kwaliteit van het eisendeel van de vraagspecificatie kan dus als goed worden beschouwd. Het aanbiedingsontwerp is tijdens de tenderfase deels op basis van de contracteisen, maar grotendeels op basis van ervaring gemaakt. Pas na gunning zijn de contracteisen omgezet naar systeemeisen. Ingenieursbureau Advin was hiervoor verantwoordelijk. De kwaliteit van de opgestelde systeemeisen in de periode zonder speciale Systems Engineering ICT-tool is echter nog slecht te noemen. Cradle 5.6 van 3SL werd drie maanden na gunning van het project geïmplementeerd binnen de projectorganisatie en dit programma werd ook gebruikt door Advin. Vanaf dat moment is ook de kwaliteit van de omzetting van de contracteisen naar systeemeisen naar een hoger niveau gegaan. De ervaren tijdsdruk binnen de projectorganisatie is gemiddeld te noemen, omdat het niet gelukt is om met het ontwerp genoeg voor te blijven lopen op de uitvoering. Bij Dura Vermeer was er vanaf de tenderfase iemand betrokken bij het project met praktijkervaring op het gebied van Systems Engineering. Bij Advin was dit echter niet het geval. Met betrekking tot de fysieke afstand tussen de projectkantoor en het ingenieursbureau kan worden gemeld dat die niet aanwezig was. Beide organisaties voeren hun werkzaamheden namelijk binnen hetzelfde kantoorpand uit, waardoor het erg makkelijk is om face-to-face contact te hebben. Verder kan nog worden opgemerkt dat er door de medewerkers die verantwoordelijk zijn voor de toegepaste Systems Engineering methodiek wordt deelgenomen aan organisatiebrede procesverbeteringen. Met betrekking tot de controle van de middels het contract opgelegde Systems Engineering methodiek door de opdrachtgever kan worden gezegd dat deze relatief strikt is. Hierin kan ProRail ook strikt zijn, vanwege de eerdergenoemde relatief goede kwaliteit van de vraagspecificatie.

Reconstructie A28 – Hogeweg Amersfoort

Het project 'Reconstructie A28 – Hogeweg Amersfoort' betreft het verbreden rijksweg A28, inclusief het kunstwerk bij de Hogeweg in Amersfoort. Het project wordt uitgevoerd op basis van een D&C-contract. De opdrachtgever is Rijkswaterstaat en de startdatum van het project was februari 2008. In december 2009 dient het project te worden opgeleverd. De aanbiedingsprijs bedraagt € 9,625 mln. en het werk wordt niet met combinanten gerealiseerd waardoor de complexiteit van de organisatiestructuur als laag kan worden beschouwd. Door de aard van de werkzaamheden kan ook de technische complexiteit als relatief laag worden beschouwd. Er is een vraagspecificatie binnen gekomen waarin weinig structuur zat. De eisen schrijven geen expliciete oplossingen voor, maar toch lijken de eisen beter te passen bij een E&C-contract dan een D&C-contract. Erg veel keuzevrijheid blijft namelijk niet over voor het bouwbedrijf. Op basis van de contracteisen is een aanbiedingsontwerp gemaakt. Na gunning zijn de contracteisen door het ingenieursbureau Advin en Dura Vermeer samen in een geschikte hiërarchie gezet. Op basis daarvan gaat Advin de contracteisen omzetten in systeemeisen. Ten tijde van dit onderzoek was Advin hier nog mee bezig. Over de ervaren tijdsdruk valt daarom bij dit project nog niet veel te zeggen, alleen is het wel zo dat de omzetting van de contracteisen naar systeemeisen door Advin iets achterligt op schema. Wat ervaring op het gebied van

Systems Engineering betreft kan worden gemeld dat het personeel van de projectorganisatie dat continu bij het project betrokken is, dit niet had. Wel is er de afspraak binnen BU Grote Projecten dat er hulp op dit gebied kan worden ingeroepen van personeel dat wel praktijkervaring heeft op het gebied van Systems Engineering en hier wordt dan ook gebruik van gemaakt. Met betrekking tot de fysieke afstand tussen het projectkantoor en de ingenieursbureaus kan worden gemeld dat deze niet groot is, waardoor het relatief makkelijk is om face-to-face contact te hebben. Hiernaast wordt er door medewerkers die verantwoordelijk zijn voor de toegepaste Systems Engineering methodiek deelgenomen aan organisatiebrede procesverbeteringen. Het datamodel dat gebruikt wordt bij dit project voor de toepassing van de Systems Engineering methodiek in Cradle is ook een product van deze organisatiebrede procesverbeteringen. Als laatste kan er over de controle op de toegepaste Systems Engineering methodiek middels het contract door de opdrachtgever nog niet veel worden gezegd, omdat het project ten tijde van dit onderzoek nog geen drie maanden geleden gestart was.

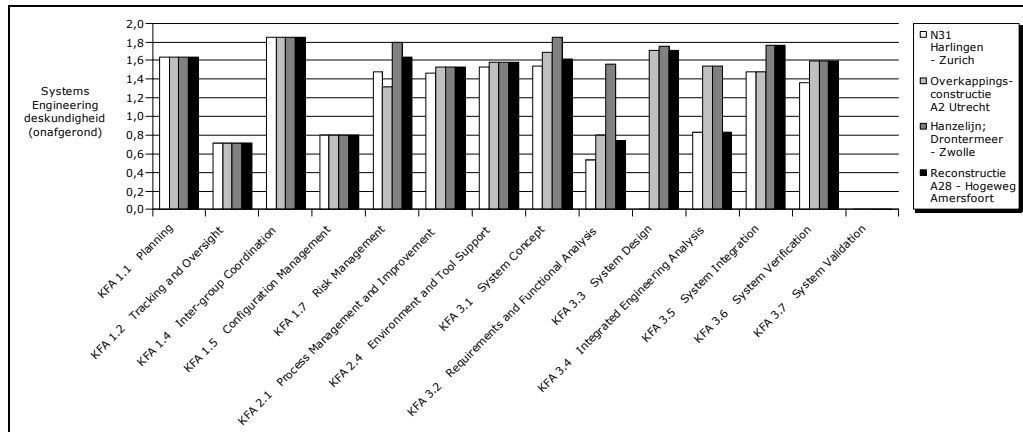
5.3.2 Casevergelijking

De kenmerken die voortkomen uit de casebeschrijvingen worden nu in tabelvorm gepresenteerd. Op deze manier kan worden gezocht naar overeenkomsten, verschillen, of andere patronen die gevonden kunnen worden tussen de afhankelijke variabale en de onafhankelijke variabelen. De onderzoeker is van mening dat de volgende kenmerken die voortkomen uit de casebeschrijvingen uit Paragraaf 5.3.1 verklaringen kunnen leveren voor de gemeten Systems Engineering deskundigheid.

Kenmerken van cases die Systems Engineering deskundigheid kunnen verklaren:

- Opdrachtgever;
- Start project (eind tenderfase);
- Eind project;
- Combinatie;
- Risicoverdeling combinanten;
- Complexiteit organisatiestructuur;
- Aanbiedingsprijs;
- Technische complexiteit;
- Kwaliteit vraagspecificatie;
- Aanbiedingsontwerp op basis van de contracteisen uit de vraagspecificatie;
- Ervaring projectorganisatie met Systems Engineering;
- Ingebruikname Systems Engineering ICT-tool;
- Gebruik Systems Engineering ICT-tool door onderaannemers (incl. ingenieursbureaus);
- Afstand tussen projectkantoor en ingenieursbureaus;
- Aantal betrokken ingenieursbureaus;
- Afstand tussen ingenieursbureaus;
- Controle opdrachtgever (in welke mate wordt het proces bewaard);
- Ervaren tijdsdruk op project;
- Deelname aan organisatiebrede procesverbeteringen.

Het op het bovenstaande gebaseerde overzicht is zichtbaar in Tabel 11 op de volgende pagina. Voor de volledigheid zijn ook een aantal kenmerken van de cases aan de tabel toegevoegd die niet in het bovenstaande overzicht staan. Deze kenmerken zijn namelijk niet geschikt voor het verklaren van de verschillen in de gemeten Systems Engineering deskundigheid. Voor een juiste interpretatie van de bovenstaande kenmerken is het echter wel nodig dat deze kenmerken worden weergegeven. Deze extra kenmerken zijn grijs gearceerd in. Tevens is een overzicht van de onafgeronde resultaten van de SEPA's nogmaals weergegeven in Figuur 9.



Figuur 9: Systems Engineering deskundigheidsklasse grafiek (onafgerond)

Tabel 11: Analyse onafhankelijke variabelen Systems Engineering deskundigheid

PROJECT	N31 Harlingen – Zurich	Overkappingsconstructie A2 Utrecht	Hanzelijn; Drontermeer – Zwolle	Reconstructie A28 – Hogeweg Amersfoort
Opdrachtgever	Rijkswaterstaat	Rijkswaterstaat	ProRail	Rijkswaterstaat
Contractvorm	D&C	D&C	D&C	D&C
Start project (eind tenderfase)	juli 2006	augustus 2006	oktober 2006	februari 2008
Eind project	december 2008	juli 2010	juli 2011	december 2009
Beknorte omschrijving	Verbreden van de N31 Harlingen – Zurich naar een A31.	Overkappen van de A2 bij Utrecht. Vier tunnelbuizen van 1650 m moeten voldoen aan de nieuwe tunnelwet.	Aanleggen van de onderbouw van de Hanzelijn tussen Drontermeer en Zwolle incl. kunstwerken N50 en weggennet te Kampen.	Verbreden rijksweg A28, incl. kunstwerk bij Amersfoort.
Combinatie	De Eendracht: • Dura Vermeer • Ballast Nedam	DODO: • CKU • Dura Vermeer • Besix • GTI	n.v.t.	n.v.t.
Risicoverdeling combinanten	Beide risicodragend voor het volledige project.	Enkel risicodragend voor eigen onderdeel van het project.	n.v.t.	n.v.t.
Complexiteit organisatiestructuur	gemiddeld	hoog	laag	laag
Aanbiedingsprijs	€ 16,4 mln.	€ 114,5 mln.	€ 57,866 mln.	€ 9,625 mln.
Technische complexiteit	laag	hoog	gemiddeld	laag
Kwaliteit vraagspecificatie	slecht (geen structuur, niet SMART)	slecht (geen structuur, niet SMART, oplossingsgericht)	goed	redelijk (geen structuur, weinig keuzevrijheid overgelaten)
Aanbiedingsontwerp op basis van contracteisen uit de vraagspecificatie	nee	gedeeltelijk	gedeeltelijk	ja
Ervaring projectorganisatie met Systems Engineering	nee	nee	ja	nee (wel hulp)
Systems Engineering ICT-tool	Cradle 5.6 (3SL)	Cradle 5.6 (3SL)	Cradle 5.6 (3SL)	Cradle 5.6 (3SL)
Ingebruikname Systems Engineering ICT-tool	Halfjaar na gunning. (halverwege werkvoorbereiding, reverse engineering)	Halfjaar na gunning. (tijdens begin realisatiefase, reverse engineering)	3 maanden na gunning. (tijdens ontwerpfase, reverse engineering)	Vanaf gunning.
Gebruik Systems Engineering ICT-tool door onderaannemers (incl. ingenieursbureaus)	Nee	• Advin (Dura Vermeer Groep nv) • Arcadis	• Advin (Dura Vermeer Groep nv)	• Advin (Dura Vermeer Groep nv) • Dura Vermeer Beton- en Waterbouw • Siemens • Nacap
Afstand tussen projectkantoor en ingenieursbureau(s)	groot	klein	geen (zelfde pand)	klein
Aantal betrokken ingenieursbureaus	2	2	1	1
Afstand tussen ingenieursbureaus	groot	klein	n.v.t.	n.v.t.
Controle opdrachtgever (in welke mate wordt het proces bewaakt)	laag (niet strikt)	gemiddeld (niet op alle punten strikt)	hoog	onbekend
Ervaren tijdsdruk op project	hoog	hoog	gemiddeld	gemiddeld
Deelname aan organisatiebrede procesverbeteringen	nee	ja	ja	ja (datamodel Cradle komt hier vandaan)
SYSTEMS ENGINEERING DESKUNDIGHEID	1,087	1,303	1,426	1,285

5.3.3 Analyseresultaten

Met de resultaten van de casevergelijking uit Paragraaf 5.3.2 en de uitgevoerde SEPA's uit Paragraaf 4.4 is het nu mogelijk om analyseresultaten te genereren. De informatie die aan de basis ligt van deze analyseresultaten is zichtbaar in Tabel 11 en Figuur 9 op de vorige pagina. Zoals eerder vermeld dient er nu door de onderzoeker te worden gezocht naar patronen tussen de verschillende cases op basis van de kenmerken van deze cases in relatie met de gemeten Systems Engineering deskundigheid. De resultaten van de zoektocht worden hier uiteengezet. Er zal eerst worden gezocht naar KFA-specifieke analyseresultaten in Figuur 9 en vervolgens naar algemene analyseresultaten in Tabel 11.

5.3.3.1 KFA-specifieke analyseresultaten

Wanneer er wordt gezocht naar verklaringen voor het verschil in Systems Engineering deskundigheid tussen de verschillende KFA's valt het op dat de verschillen in de scores eigenlijk alleen voortkomen uit verschillen in de KFA's die vallen onder KFA hoofdcategorie '3.0 Systems Engineering'. De scores voor de hoofdcategorieën '1.0 Management' en '2.0 Organisation' verschillen bijna niet tussen de cases. Het SECAM geeft hier zelf eigenlijk al een antwoord op. De tweede KFA hoofdcategorie beschrijft namelijk de organisatiebrede ondersteunende activiteiten van het bedrijf. Het is dus ook erg logisch verklaarbaar waarom deze bij alle cases bijna hetzelfde scoren. De eerste KFA hoofdcategorie ligt wat minder voor de hand, maar met hulp van enige context is ook bij deze categorie te verklaren waarom de scores van de verschillende cases bijna gelijk zijn. Deze categorie beschrijft namelijk het management van de projecten. De aard van de projecten van een hoofdaannemer binnen de Nederlandse GWW-sector brengt namelijk met zich mee dat personeel bijna nooit jarenlang op hetzelfde project is gestationeerd. Het is hierdoor voor een bedrijf als Dura Vermeer van groot belang dat het management van de verschillende projecten toch volgens een min of meer vastgelegd stramien verloopt, waardoor het personeel niet bij ieder project opnieuw hoeft te wennen aan de manier van management van het project. Ook het ISO 9001 certificaat van Dura Vermeer speelt hierbij een rol. De enige kleine afwijking op de regel wordt gevonden bij KFA '1.7 Risk Management'. Het is op het eerste gezicht namelijk erg vreemd dat het project waarmee met de hoogste aanbiedingsprijs, het slechtste scoort op het vlak van het risicomanagement. Wat niet vreemd is, is dat het risicomanagement de enige afwijking op de regel is. Risicomanagement is namelijk, in tegenstelling tot de andere KFA's uit deze hoofdcategorie, nog niet zo lang een standaard aanpak binnen de Nederlandse GWW-sector. Bij de traditionele RAW-bestekken bleef de opdrachtgever namelijk altijd eigenaar van de grotere projectrisico's. Het overdragen van deze risico's aan de hoofdaannemers is een praktijk die verbonden is aan het gebruik van de geïntegreerde contractvormen. De spreiding van de score voor het risicomanagement is dus te verklaren doordat het grotendeels een nieuw proces is binnen de Nederlandse GWW-sector. Om deze reden zijn er nog geen standaardwerkwijzen voor ontwikkeld en is het mogelijk dat er enige spreiding zit in de scores voor deze KFA.

Zoals reeds aangestipt verklaren de KFA's uit de KFA hoofdcategorie '3.0 Systems Engineering' verklaren voor het overgrote gedeelte het verschil in Systems Engineering deskundigheid tussen de betrokken cases. De spreiding in de gemeten Systems Engineering deskundigheid hier kan op dezelfde manier worden verklaard als de spreiding voor KFA '1.7 Risk Management'. Alle Systems Engineering bedrijfsprocessen zijn namelijk geïntroduceerd bij de hoofdaannemers in de Nederlandse GWW-sector sinds de opkomst van de geïntegreerde contractvormen. Deze bedrijfsprocessen staan relatief gezien dus nog in hun kinderschoenen, waardoor er nog geen organisatiebrede aanpak voor is. Tot nu toe heeft iedere projectmanager grotendeels zelf het wiel uitgevonden met betrekking tot de toepassing van de Systems Engineering methodiek en dat blijkt ook uit de spreiding van de scores.

De hierboven beschreven KFA-specifieke analyseresultaten beschrijven de spreiding van de KFA-specifieke Systems Engineering deskundigheid. Er zijn echter ook drie KFA's aan te wijzen die geen verschillen in scores tussen de verschillende cases opleveren, maar die wat score betreft wel significant afwijken van de gemiddelde Engineering deskundigheid. Binnen de KFA hoofdcategorie '1.0 Management' zijn dit KFA '1.2 Tracking and Oversight' en KFA '1.5 Configuration Management'. Voor de KFA hoofdcategorie '3.0 Systems Engineering' is dit KFA '3.7 Validation'. Deze KFA's scoren alledrie Systems Engineering deskundigheidsniveau 0 'Initial' voor alle verschillende cases.

Deze score is voor KFA '3.7 Validation' eenvoudig te verklaren. Validatie wordt namelijk niet aan de hoofdaannemers binnen de Nederlands GWW-sector gevraagd middels het contract. De definitie voor validatie binnen de Systems Engineering literatuur is in de Leidraad als volgt gedefinieerd; Het door daadwerkelijk gebruik nagaan of het gerealiseerde product voldoet aan de behoeften van de klant, in aanvulling op de verificatie (ProRail & Rijkswaterstaat, 2007). In de praktijk wordt dit echter niet gevraagd. Het is ook lastig binnen de huidige aanbestedingswijze binnen de Nederlandse GWW-sector om op een correcte wijze te valideren. Het probleem is namelijk dat hoofdaannemers een aanbestedingsontwerp moeten maken op basis van een vraagspecificatie waarin de opdrachtgever zijn eigen behoefte al heeft omgezet in contracteisen, die als het goed is SMART zijn en waar geen hiaten in zijn te vinden. Dit is echter de hypothetische situatie, maar in de praktijk blijkt dat het voor de opdrachtgever erg lastig is om een goede, laat staan perfecte, vraagspecificatie op te stellen. Omdat de hoofdaannemers door middel van het contract gebonden zijn aan de contracteisen, is het erg lastig om hen ook verantwoordelijk te stellen voor de validatie van het gerealiseerde aan de behoeften van de klant. Het is mogelijk dat deze KFA in de toekomst wel middels het contract gaat worden opgelegd, maar daarvoor zullen eerst nog ingrijpende veranderingen moeten worden doorgevoerd bij de aanbestedingswijze van de publieke opdrachtgevers. Het betekent in ieder geval dat er veel meer keuzevrijheid binnen het contract zal moeten worden toegelaten door de opdrachtgever.

De significant lagere scores voor KFA '1.2 Tracking and Oversight' en KFA '1.5 Configuration Management' kunnen ook worden verklaard door de relatief nieuwe bedrijfsprocessen die met deze KFA's gepaard gaan. Met betrekking tot 'tracking and oversight' kan worden gemeld dat Dura Vermeer er nog niet aan gewend is om de benodigde technische inspanningen formeel af te stemmen op projectdoelen en -plannen. Deze afstemming vindt overigens wel informeel plaats. Met betrekking tot configuratiemanagement kan worden gemeld dat binnen Dura Vermeer de overstap naar digitaal configuratie management nog niet lang geleden is gemaakt. Het opstellen van baselines en het intern auditeren van de configuratie management producten is nog niet aan de orde. Beide KFA's moeten echter wel aandachtspunten zijn bij het ontwikkelen en implementeren van organisatiebrede bedrijfsprocessen voor de toepassing van de Systems Engineering methodiek.

5.3.3.2 **Algemene analyseresultaten**

Wanneer er wordt gezocht naar verklaringen voor het verschil in de afgeronde Systems Engineering deskundigheid tussen de verschillende cases moet worden gekeken naar overeenkomsten, verschillen, of andere patronen die gevonden kunnen worden tussen de afhankelijke variabele (de afgeronde Systems Engineering deskundigheid) en de onafhankelijke variabelen. Tevens moeten deze gevonden verbanden worden bijgestaan door een plausibele redenering. Hierdoor wordt het risico beperkt dat verbanden worden gevonden die in de werkelijkheid geen verbanden kunnen zijn.

Bij de onafhankelijke variabele 'Aanbiedingsprijs' lijkt een positief verband aanwezig te zijn met de Systems Engineering deskundigheid. De twee projecten met de hoogste aanbiedingsprijzen hebben namelijk ook de hoogste Systems Engineering deskundigheid. De redenering hiervoor is dat project-

organisaties van grote projecten zich beter voorbereiden op de middels het contract opgelegde Systems Engineering methodiek.

Bij de onafhankelijke variabele 'Technische complexiteit' lijkt ook een positief verband aanwezig te zijn met de Systems Engineering deskundigheid. Hierbij hebben namelijk ook de twee projecten die technisch het meest complex zijn de hoogste Systems Engineering deskundigheid. Het lijkt er dus op dat projectorganisaties van technisch complexe projecten zich beter voorbereiden op de middels het contract opgelegde Systems Engineering methodiek.

Bij de onafhankelijke variabele 'Kwaliteit vraagspecificatie' lijkt tevens een positief verband aanwezig te zijn met de Systems Engineering deskundigheid. Het project waar de vraagspecificatie de beste kwaliteit had, scoort namelijk het hoogst en het project waar de vraagspecificatie de slechtste kwaliteit had, scoort het laagst. De kwaliteit van de vraagspecificatie is natuurlijk erg van belang voor het verloop van de beginfase van een project. Er zullen zich veel minder problemen voordoen bij een goede vraagspecificatie dan bij een slechte en dus kunnen de projectorganisaties die werken met een goede vraagspecificatie hun aandacht op de aanpak van andere problemen en vraagstukken kunnen richten.

Bij de onafhankelijke variabele 'Ervaring projectorganisatie met Systems Engineering' lijkt een positief verband aanwezig te zijn met de Systems Engineering deskundigheid. Het project waar wel ervaring met Systems Engineering aanwezig was, scoort namelijk het hoogst. De redenering hierbij is vrij eenvoudig. Mensen leren van hun fouten en weten wat ze bij een komend project niet opnieuw of juist wel opnieuw moeten doen om een hoger resultaat te behalen.

Bij de onafhankelijke variabele 'Gebruik Systems Engineering ICT-tool door onderaannemers (incl. ingenieursbureaus)' lijkt een positief verband aanwezig te zijn met de Systems Engineering deskundigheid. De projecten waar de onderaannemers (incl. ingenieursbureaus) wel gebruik maken van de Systems Engineering ICT-tool scoren alle hoger dan het project waar dit niet het geval is. De redenering hiervoor is dat alle omzettingen fouten met zich meebrengen. Wanneer informatie binnen een systeem kan blijven is de kans op fouten veel kleiner. Hiernaast maakt een Systems Engineering ICT-tool gebruik van koppelingen tussen bepaalde soorten data. Dit soort koppelingen zijn heel erg moeilijk om te zetten naar andere programma's of op papier te zetten. Bij het gebruik van een gezamenlijke ICT-tool lijkt het dogma dat het geheel meer waard is dan de som der delen op te gaan.

Bij de onafhankelijke variabele 'Afstand tussen projectkantoor en ingenieursbureau(s)' lijkt een negatief verband aanwezig te zijn met de Systems Engineering deskundigheid. Bij het project waarbij het ingenieursbureau op het projectkantoor is gestationeerd, wordt namelijk de hoogste score behaald en bij het project waarbij de afstand tussen het projectkantoor en de ingenieursbureaus erg groot is, wordt het laagst gescoord. De redenering hiervoor moet waarschijnlijk worden gezocht in de mogelijkheden die het hebben van makkelijk face-to-face contact bieden. Problemen kunnen op deze manier namelijk snel en goed worden opgehelderd.

Bij de onafhankelijke variabele 'Controle opdrachtgever (in welke mate wordt het proces bewaakt)' lijkt een positief verband aanwezig te zijn met de Systems Engineering deskundigheid. Bij het project waarbij de controle door de opdrachtgever het hoogst (strengst) is, wordt de hoogste score behaald en bij het project waarbij de controle van de opdrachtgever het laagst is, wordt de laagste score behaald. De redenering hiervoor is de macht die de opdrachtgever heeft. Bij een strenge opdrachtgever zal de hoofdaannemer meer moeite moeten doen voor het slagen bij controle audits.

Bij de onafhankelijke variabele 'Deelname aan organisatiebrede procesverbeteringen' lijkt een positief verband aanwezig te zijn met de Systems Engineering deskundigheid. De drie projecten die deelnemen aan organisatiebrede procesverbeteringen scoren namelijk allen hoger dan het project dat niet deelneemt. De redenering hiervoor is dat bij de bijeenkomsten voor de organisatiebrede procesverbeteringen veel nuttige informatie wordt uitgewisseld over de manier waarop de middelen het contract opgelegde Systems Engineering methodiek het beste kan worden geïntegreerd in de bedrijfsprocessen. Dit levert voor de projecten die hieraan deelnemen dus een voordeel op ten opzichte van de projecten die hier niet aan deelnemen.

5.4 Conclusie

De analyseresultaten uit Paragrafen 5.3.3.1 en 5.3.3.2 worden in deze Paragraaf puntsgewijs samengevat, waardoor een duidelijk overzicht ontstaat. Deze analyseresultaten verklaren de gemeten Systems Engineering deskundigheid. De volgorde waarin ze worden weergegeven heeft overigens niets te maken met een eventuele hiërarchie die er in zou kunnen worden aangebracht. Het is namelijk goed denkbaar dat sommige analyseresultaten de gemeten Systems Engineering deskundigheid in grotere mate verklaren dan andere. Over deze hiërarchie kan met de relatief beperkte data uit dit onderzoek niets worden gezegd.

Analyseresultaten die de Systems Engineering deskundigheid verklaren:

- De gemeten Systems Engineering deskundigheid voor de KFA's uit de KFA hoofdcategorieën '1.0 Management' en '2.0 Organisation' verschillen nauwelijks tussen de cases. De verklaring hiervoor is dat deze hoofdcategorieën het management van de projecten en de organisatiebrede ondersteuning van het bedrijf bepalen. Omdat het voor de continuïteit van een hoofdaannemer in de Nederlandse GWW-sector van groot belang is dat het management bij verschillende projecten volgens een min of meer vastgelegd stramien verloopt, scoren alle cases hierop gelijk. De organisatiebrede ondersteuning heeft als eigen karakteristiek dat het voor alle cases gelijk moet zijn en dit blijkt dus ook uit de gevonden scores. De enige afwijking in dit geheel wordt gevonden bij KFA '1.7 Risk Management'. De spreiding in de gemeten Systems Engineering deskundigheid hier kan worden verklaard doordat het risicomanagement van de grotere projectrisico's sinds de opkomst van de geïntegreerde contractvormen binnen de Nederlandse GWW-sector worden overgedragen aan de hoofdaannemers. Deze bedrijfsprocessen staan relatief gezien dus nog in hun kinderschoenen, waardoor het mogelijk is dat er nog geen organisatiebrede aanpak voor is;
- De gemeten Systems Engineering deskundigheid voor de KFA's uit de KFA hoofdcategorie '3.0 Systems Engineering' verklaren voor het overgrote gedeelte het verschil in Systems Engineering deskundigheid tussen de betrokken cases. De spreiding in de gemeten Systems Engineering deskundigheid hier kan worden verklaard doordat alle Systems Engineering bedrijfsprocessen zijn geïntroduceerd bij de hoofdaannemers in de Nederlandse GWW-sector sinds de opkomst van de geïntegreerde contractvormen. Deze bedrijfsprocessen staan relatief gezien dus nog in hun kinderschoenen, waardoor het mogelijk is dat er nog geen organisatiebrede aanpak voor is;

- De score van Systems Engineering deskundigheidsniveau 0 'Initial' door KFA '3.7 Validation' verschilt significant van de gemiddeld behaalde score van het Systems Engineering deskundigheidsniveau. Dit is te verklaren doordat validatie niet aan de hoofdaannemers wordt opgelegd middels het contract. De reden hiervoor is dat de publieke opdrachtgevers nog niet durven om een aanbestedingswijze te hanteren waarin erg veel keuzevrijheid voor de hoofdaannemers is opgenomen;
- De significant lagere scores voor KFA '1.2 Tracking and Oversight' en KFA '1.5 Configuration Management' kunnen worden verklaard door de relatief nieuwe bedrijfsprocessen die met deze KFA's gepaard gaan. Beide KFA's moeten aandachtspunten zijn bij het ontwikkelen en implementeren van organisatiebrede bedrijfsprocessen voor de toepassing van de Systems Engineering methodiek;
- De algemene Systems Engineering deskundigheid wordt positief beïnvloed door:
 - De hoogte van de aanbiedingsprijs;
 - De technische complexiteit van het project;
 - De kwaliteit van de vraagspecificatie;
 - De ervaring binnen de projectorganisatie met Systems Engineering;
 - Het gebruik van de Systems Engineering ICT-tool door onderaannemers (incl. ingenieursbureaus);
 - De controle van de opdrachtgever (in welke mate wordt het proces bewaakt);
 - De deelname aan organisatiebrede procesverbeteringen.
- De algemene Systems Engineering deskundigheid wordt negatief beïnvloed door:
 - De afstand tussen het projectkantoor en het ingenieursbureau.

Bij het bovenstaande dient te worden opgemerkt dat er geen controleslag heeft plaatsgevonden waarin wordt getest of de analyseresultaten ook bruikbaar zijn voor het verklaren van de Systems Engineering deskundigheid bij vergelijkbare cases die niet binnen dit onderzoek vallen. Voor een verhoging van de externe validiteit van de hier gepresenteerde analyseresultaten die de gemeten Systems Engineering deskundigheid verklaren, zou het erg nuttig zijn als dit nog wordt onderzocht. Wegens de beperkte tijd die de onderzoeker ter beschikking stond was deze controleslag helaas niet mogelijk binnen dit onderzoek.

6 Aanbevelingen

Bij het opstellen van de aanbevelingen aan de hand van dit onderzoek moet onderscheid worden gemaakt tussen twee soorten. Ten eerste dienen de conclusies van het onderzoek uit Paragraaf 5.4 omgezet te worden naar praktische aanbevelingen voor Dura Vermeer. Ten tweede dienen de mogelijkheden voor vervolgonderzoek die tijdens het uitvoeren van dit onderzoek zijn geïdentificeerd worden beschreven, zodat dit richting kan geven aan toekomstige onderzoeken.

6.1 Aanbevelingen voor Dura Vermeer

De praktische aanbevelingen die de onderzoeker in deze Paragraaf opstelt, komen voort uit de conclusies van het onderzoek uit Paragraaf 5.4 en de behoeften van Dura Vermeer ten aanzien van het verminderen van de projectrisico's en -kosten en het genereren van langetermijn leereffecten, die reeds in Paragraaf 1.2.3 zijn gepresenteerd. De aanbevelingen worden puntsgewijs samengevat, waardoor een duidelijk overzicht ontstaat. De rangorde van de aanbevelingen is niet gebaseerd op de mate van belangrijkheid.

Praktische aanbevelingen voor Dura Vermeer:

- Implementeer een organisatiebrede aanpak voor het gebruik van de Systems Engineering methodiek. Er bestaat op dit moment namelijk een significant verschil tussen de betrokken cases wat betreft de scores van de gemeten Systems Engineering deskundigheid voor de KFA's uit de KFA hoofdca-tegorie '3.0 Systems Engineering' en KFA '1.7 Risk Management'. Dit houdt in dat de Systems Engineering deskundigheid ten aanzien van deze processen en activiteiten binnen Dura Vermeer niet evenredig verdeeld is over de projecten op basis van geïntegreerde contractvormen. Voor het verminderen van de projectrisico's en -kosten en het genereren van langetermijn leereffecten is het bij het opzetten van toekomstige projectorganisaties van groot belang dat de te verwachten Systems Engineering deskundigheid van die projectorganisaties kan worden gegarandeerd en niet significant afwijkt van die van andere projectorganisaties binnen het bedrijf.

Er zijn meerdere aanbevelingen aan te wijzen die dit gezamenlijk kunnen garanderen:

- Er dient er een organisatiebrede aanpak te worden ontwikkeld voor alle processen die plaatsvinden tijdens projecten op basis van geïntegreerde contractvormen. Op deze manier hoeft het spreekwoordelijke wiel niet iedere keer opnieuw te worden uitgevonden. Deze aanpak kan worden opgenomen in het kwaliteitsmanagementsysteem van de organisatie, zodat ook onervaren personeel kan opzoeken hoe de betrokken processen en activiteiten dienen te worden uitgevoerd;
- Het personeel met ervaring op het gebied van de Systems Engineering methodiek dient gelijkmatig over de projecten te worden verdeeld. Er moet bij het opzetten van iedere projectorganisatie vooraf goed worden nagedacht over hoe de mix van ervaren en onervaren personeel eruitziet en op welke posities binnen de projectorganisatie zij worden geplaatst;
- Een extra punt van aandacht is de rol van de personen op sleutelposities binnen de projectorganisaties zoals de projectdirecteur en de systems engineer(s). Naast ervaring met de werkwijze dienen deze personen ook te beschikken over de capaciteit om het nut van het gebruik van de Systems Engineering methodiek over te brengen bij het overige personeel.

- Bepaal organisatiebreed welk Systems Engineering deskundigheidsniveau Dura Vermeer wil bereiken bij projecten op basis van geïntegreerde contractvormen en zet een meerjarig stappenplan uit waarin staat hoe dit deskundigheidsniveau moet worden bereikt. Op deze manier dwingt Dura Vermeer zichzelf om na te denken over wat de interne meerwaarde kan zijn van de Systems Engineering methodiek en op welke wijze dit het efficiëntst kan worden behaald. De Cradle heavy-user groep die reeds aanwezig is, kan hier een belangrijke rol bij vervullen. De Cradle heavy-user groep zou nog meer slagkracht kunnen krijgen door hen een expliciete status te geven binnen de organisatie. Dit zou bijvoorbeeld onder de noemer van een stafafdeling 'Systems Engineering Development' kunnen plaatsvinden;
- Leg het gebruik van Cradle 5.6 van 3SL op aan onderaannemers (inclusief ingenieursbureaus). Begin hiermee bij de onderaannemers waarbij de effecten op de projectrisico's en -kosten het grootst zijn en bepaal zelf tot welke klasse onderaannemer het rendabel is. Het kortetermijn voordeel van het gebruik van Cradle door onderaannemers is driedelig. Ten eerste worden er geen conversiefouten gemaakt, omdat binnen een systeem wordt gewerkt. Hierdoor neemt het projectrisico af. Ten tweede worden de onderaannemers verplicht om informatie op de gewenste manier aan te leveren, waardoor eventuele misverstanden eerder aan het licht komen. Ook hierdoor neemt het projectrisico af. Ten derde wordt er op deze manier altijd met de meest recente informatie gewerkt. Ook hierdoor neemt het projectrisico af. Naast deze kortetermijn voordelen zijn er ook langetermijn voordelen. Deze zijn tweeledig. Ten eerste kan het een kostenbesparing opleveren wanneer Dura Vermeer met vaste onderaannemers werkt waarbij alle informatie binnen een systeem wordt beheerd. Ten tweede is het voor Dura Vermeer van strategisch belang dat onderaannemers zo snel mogelijk wennen aan het gebruik van Cradle, zodat deze Systems Engineering ICT-tool zo snel mogelijk een standaard kan worden binnen de grote GWW-projecten, waardoor Dura Vermeer een strategisch voordeel kan behalen ten opzichte van de concurrerende hoofdaannemers;
- Minimaliseer de fysieke afstand tussen het projectkantoor en het ingenieursbureau. In principe kan alle ontwerp-informatie met behulp van Cradle 5.6 worden geleverd, maar in de praktijk blijkt dat het positief is voor de kwaliteit van het ontwerp wanneer er veel formele en informele overleggen plaats kunnen vinden tussen de hoofdaannemer en het ingenieursbureau.

6.2 **Aanbevelingen voor vervolgonderzoek**

De mogelijkheden voor vervolgonderzoek die tijdens het uitvoeren van het onderzoek zijn geïdentificeerd worden hier puntsgewijs omschreven. De aanbevelingen worden puntsgewijs samengevat, waardoor een duidelijk overzicht ontstaat dat richting kan geven aan vervolgonderzoek.

aanbevelingen voor vervolgonderzoek:

- De onderlinge afhankelijkheden tussen de variabelen die een positieve of negatieve invloed hebben op de Systems Engineering deskundigheid dienen verder te worden ontrafeld. Op dit moment kan er niet worden gezegd welke variabelen oorzaak of gevolg zijn van elkaar, waardoor nog niet eenduidig op deze variabelen kan worden gestuurd bij het opzetten van een projectorganisatie. Op dit gebied ligt dus nog veel ruimte voor onderzoek.

7 Afkortingen

B&O	Beheer en Onderhoud
B&U	Burgerlijke en Utiliteitsbouw
BOT	Build-Operate-Transfer
BU	Business Unit
CMM(I)	Capability Maturity Model (Integration)
D&C	Design and Construct
DBFM	Design-Build-Finance-Maintain
E&C	Engineering and Construct
FBS	Functional Breakdown Structure
FMECA	Failure Mode, Effects and Criticality Analysis
GW	Grond-, Weg- en Waterbouw
ICT	Informatie- en Communicatietechnologie
INCOSE	International Council On Systems Engineering
ISO	International Organization for Standardization
KFA	Key Focus Area
Leidraad	Leidraad voor Systems Engineering binnen de GWW-sector
O&R	Ontwerp en Realisatie
OG	Opdrachtgever
ON	Opdrachtnemer
ONRI	Orde van Nederlandse Raadgevende Ingenieurs
NCOSE	National Council On Systems Engineering
PFI	Public Finance Initiative
PPP	Public-Private Partnership
PPT	Publieke en Private Toestemming
RAMS	Reliability, Availability, Maintainability, Safety
RAW	Rationalisatie en Automatisering in de Grond-, Water- en Wegenbouw
RBS	Requirements Breakdown Structure
SBS	System Breakdown Structure
SE	Systems Engineering
SECAM	Systems Engineering Capability Assessment Model
SEPA	Systems Engineering Process Assessment
SMART	Specifiek, Meetbaar, Acceptabel, Realistisch, Tijdsgebonden
SoW	Statement of Work
VS	Verenigde Staten
WBS	Work Breakdown Structure
WP	Werkpakketten

8 Bronnen

Carnegie Mellon (2006). *'CMMI for Development, Version 1.2'*. CMU/SEI-2006-TR-008.

Dura Vermeer: Bedrijf. (n.d.). Bekeken op 28 februari 2008, op http://www.duravermeer.nl/01_01_hetbedrijf.asp

Dura Vermeer: Financiën. (n.d.). Bekeken op 28 februari 2008, op http://www.duravermeer.nl/01_03_financien.asp

Dura Vermeer: Historie. (n.d.). Bekeken op 28 februari 2008, op http://www.duravermeer.nl/01_10_historie.asp

Dura Vermeer: Missie. (n.d.). Bekeken op 28 februari 2008, op http://www.duravermeer.nl/01_02_missie.asp

Dura Vermeer: Organogram. (n.d.). Bekeken op 28 februari 2008, op http://www.duravermeer.nl/01_0402_organogram.asp

Dura Vermeer: Visie. (n.d.). Bekeken op 28 februari 2008, op http://www.duravermeer.nl/01_08_visie.asp

Hart, H. 't, Boeije, H.R., & Hox, J.J. (Eds.) (2006). *'Onderzoeksmethoden'*. Amsterdam: Boom Onderwijs, 7^e herz. druk.

Huberman, A.M., Miles, M.B. (2002). *'The qualitative researcher's companion'*. Thousand Oaks, California: Sage Publications.

INCOSE (1996). *'Systems Engineering Capability Assessment Model, version 1.50a'*. INCOSE-TP-1996-002-01.

INCOSE (2006). *'Systems Engineering Handbook, version 3: A guide for system life cycle processes and activities'*. INCOSE-TP-2003-002-03.

INCOSE: Systems Engineering Capability Assessment Model. (n.d.). Bekeken op 11 april 2008, op <http://www.incose.org/ProductsPubs/products/secam.aspx>

ProRail & Rijkswaterstaat (2007). *'Leidraad voor Systems Engineering binnen de GWW-sector'*. Bekeken op 7 februari 2008, op http://www.bouwdienst.nl/leidraadse/images/Leidraad_SE_totaal_def04-05A4.pdf

Van Dale: Olinewoordenboek. (n.d.). Bekeken op 2 april 2008, op <http://www.vandale.nl/vandale/opzoeken/woordenboek/?zoekwoord=>

Verschuren, P. & Doorewaard, H. (2004). *'Het ontwerpen van een onderzoek'*. Utrecht: Uitgeverij Lemma bv, 3e druk.

9 Bijlagen

9.1 Bijlage 1: Aangepaste SECAM vragenlijst

9.1.1 KFA 1.1 Planning

General Characteristics

- Characteristic 1** Technical activities, work products, and scheduling are documented in a technical management plan.
- Characteristic 2** A work breakdown structure is established that identifies logical units of work to be managed at the program level.
- Characteristic 3** The technical program elements are integrated in a top-down, life-cycle, low-risk approach which is effective and efficient.
- Characteristic 4** The management approach supports technical objectives and technical objectives are specified in a realistic manner, consistent with organization, cost, and scheduling constraints.

1.1-1 Performed

- 1.1-1.1/G1 Is planning being accomplished in at least an informal manner?
- 1.1-1.2/G2 Is time allocated for planning activities on the *program*?
- 1.1-1.3 Is there a *work breakdown structure* for the *program* that defines logical units of work to be managed at the *program* level? **T1.1-A-L1**
- 1.1-1.4 Is scheduling conducted as a part of planning activities? **T1.1-B-L1**
- 1.1-1.5 Does the systems engineering team leader report directly to the *program manager* for technical/*program* direction? **T1.1-C-L1**
- 1.1-1.6/G3 Are the products / results of the *planning* activities at least of marginal *value* to the *program*?
- 1.1-1.7/G4 Are *planning* activities at least of marginal *effectiveness*?

1.1-2 Managed

- 1.1-2.1/G5 Does the *program* follow a written organizational *policy* (may be part of a broad-based *policy*) for implementing *planning* activities?
- 1.1-2.2/G6 Is there an approved technical management plan (may be part of a larger program plan) for the *program* (e.g., a SEMP)?
- 1.1-2.3 Are task dependencies addressed as a part of scheduling? **T1.1-B-L2**
- 1.1-2.4/G7 Has responsibility been assigned for *program* planning?
- 1.1-2.5 Do systems engineering personnel participate on proposal teams? **T1.1-D-L2**
- 1.1-2.6 Do documented and approved *statements of work* exist for systems engineering activities? **T1.1-E-L2**
- 1.1-2.7 Is the level of technical work required for the *program* reconciled to the available level of funding or projected market potential? **T1.1-F-L2**
- 1.1-2.8 Have the systems engineering work products and activities been defined in a traceable and accountable manner? **T1.1-A-L2a**
- 1.1-2.9/G8 Is the adequacy of resources (e.g., funding, staff, tools, etc.) provided for performing *planning* activities assessed?

- 1.1-2.10/G9 When planning skills are inadequate, are individuals involved in planning activities trained in estimating and planning procedures applicable to their areas of responsibility?
- 1.1-2.11 Are appropriate *tools* available to conduct planning activities?
- 1.1-2.12 Has responsibility for developing the technical management plan been assigned?
- T1.1-G-L2**
- 1.1-2.13 Is the technical management plan reviewed, updated and made available to members of the *program*? **T1.1-H-L2**
- 1.1-2.14 Does the technical management plan provide form and context for the planned technical activities and identify products? **T1.1-I-L2**
- 1.1-2.15 Are deviations from the technical management plan documented and rationale recorded so that decisions can be traced through the *program life cycle*? **T1.1-J-L2**
- 1.1-2.16 Does the *work breakdown structure* cover all the tasks and products necessary to the *program*? **T1.1-A-L2b**
- 1.1-2.17 Are the *program* roles, responsibilities, and objectives for each organization or functional discipline documented?
- 1.1-2.18 Is there a designated systems engineering *first-line manager* or *team leader* who is responsible for negotiating technical commitments? **T1.1-C-L2**
- 1.1-2.19 Are systems engineering commitments made to other groups within the program reviewed? **T1.1-K-L2**
- 1.1-2.20/G10 Are planning activities performed in a *structured manner*?
- 1.1-2.21/G11 Are *data* collected for monitoring planning activities?
- 1.1-2.22/G12 Are corrective actions initiated when *program* activities deviate significantly from the *plan*?
- 1.1-2.23/G13 Are the products / results of planning activities at least of adequate *value* to the *program*?
- 1.1-2.24/G14 Are planning activities at least of adequate *effectiveness*?
- 1.1-3 Defined**
- 1.1-3.1/G15 Is the technical management plan developed and approved according to a *formal procedure*?
- 1.1-3.2 Do systems engineering personnel participate in the technical decision making process on the *program* proposal team? **T1.1-C-L3**
- 1.1-3.3 Do systems engineering personnel participate with other affected groups in *program* planning throughout the *life cycle*? **T1.1-K-L3a**
- 1.1-3.4 Is the continuity of systems engineering personnel managed throughout all phases of the development *life cycle*? **T1.1-D-L3**
- 1.1-3.5 Has a *system life cycle*, with predefined stages of manageable size, been identified or defined? **T1.1-E-L3**
- 1.1-3.6 Is there a mechanism to ensure compliance of systems engineering commitments made to other groups? **T1.1-K-L3b**
- 1.1-3.7 Are the systems engineering activities and work products that are needed to establish and maintain control of the *program* well defined?
- 1.1-3.8 Are estimates for the size of the systems engineering work products (or changes in the size of the work products) derived based upon historical data? **T1.1-F-L3a**
- 1.1-3.9 Are estimates for the systems engineering effort and cost derived based upon historical data?

- 1.1-3.10 Do estimates take into consideration whether a task is preceded or unpreceded?
- 1.1-3.11 Is an event driven plan developed for technical aspects of the *program*? **T1.1-G-L3**
- 1.1-3.12 Is the event driven plan traceable to the scheduling? **T1.1-B-L3**
- 1.1-3.13 Are the *risks* associated with the cost, resource, schedule, and technical aspects of the system identified, assessed, and mitigated?
- 1.1-3.14 Is the basis for systems engineering planning captured?
- 1.1-3.15 Are budget and resource estimates, schedules, and personnel assignments, periodically reviewed and updated?
- 1.1-3.16 Do systems engineering personnel review and agree to systems engineering estimates, schedules, and personnel allocations? **T1.1-F-L3b**
- 1.1-3.17 Are estimates, schedules, and personnel allocations of groups that support systems engineering reviewed?
- 1.1-3.18 Is the technical management plan revised to reflect on-going and projections for the *program*? **T1.1-H-L3a**
- 1.1-3.19 Does the technical management plan identify responsibilities and objectives for each technical discipline participating in systems engineering activities? **T1.1-I-L3**
- 1.1-3.20 Are measurement systems (e.g. earned value) identified and used?
- 1.1-3.21 Are *formal reviews* of the technical management plan conducted to assess its completeness and correctness (i.e. that all phases of the *program* are addressed in the context of a systems engineering *life cycle*)? **T1.1-H-L3b**
- 1.1-3.22 Is the *work breakdown structure* reviewed to assure that it is complete, consistent and correct? **T1.1-A-L3a**
- 1.1-3.23 Is the *work breakdown structure* reviewed at appropriate *program* milestones and revised as necessary? **T1.1-A-L3b**
- 1.1-3.24 Are *formal reviews* of the technical management plan conducted to assess its consistency with the top-level program management plan and with lower-level plans? **T1.1-H-L3c**
- 1.1-3.25 Are *formal reviews* of the roles, responsibilities, and objectives, defined by the technical management plan for each organization, conducted to assure that they are complete, consistent, and correct?
- 1.1-3.26 Are *formal reviews* of the technical management plan conducted at appropriate *program* milestones and the plan revised as necessary? **T1.1-J-L3**
- 1.1-3.27 Is a summary report from each meeting prepared and distributed to affected groups and individuals?
- 1.1-3.28/G16 Are *metrics* collected for assessing the effectiveness of planning activities?
- 1.1-3.29/G17 Are peer/defect reviews conducted to assess and improve planning activities and products?
- 1.1-3.30/G18 Are planning processes *standardized* across the *organization*?
- 1.1-3.31/G19 Are *guidelines* provided to allow the *program* to *tailor* the *standard planning process* for its specific needs?
- 1.1-3.32/G20 Are the products / results of planning activities at least of significant *value* to the *program*?
- 1.1-3.33/G21 Are planning activities at least of significant *effectiveness*?

9.1.2 KFA 1.2 Tracking and Oversight

General Characteristics

- Characteristic 1** Metrics are established in accordance with the planning objectives.
- Characteristic 2** Management, technical, and process functions and tasks are monitored (i.e. tracked, assessed and corrected) against the planning objectives.
- Characteristic 3** Work products and performance are evaluated against the system engineering plan(s).
- Characteristic 4** Corrective actions consistent with the plans are taken when management, technical, and process problems and issues are identified.

1.2-1 Performed

- 1.2-1.1/G1 Is *tracking and oversight* being accomplished in at least an informal manner?
- 1.2-1.2 Are *technical performance measures* collected and used in at least an informal manner? **T1.2-A-L1**
- 1.2-1.3 Are *planning and control metrics* collected and used in at least an informal manner? **T1.2-B-L1**
- 1.2-1.4 Are *systems engineering metrics* collected and used in at least an informal manner? **T1.2-C-L1**
- 1.2-1.5/G2 Are *tracking and oversight* activities planned for the *program*?
- 1.2-1.6/G3 Are the products / results of the *tracking and oversight* activities at least of marginal value to the *program*?
- 1.2-1.7/G4 Are *tracking and oversight* activities at least of marginal effectiveness?

1.2-2 Managed

- 1.2-2.1/G5 Does the *program* follow a written organizational *policy* (may be part of a broad-based *policy*) for implementing *tracking and oversight*?
- 1.2-2.2/G6 Is there an approved *plan* (may be part of a larger technical management plan) for the *program* to identify, collect and evaluate *metrics*?
- 1.2-2.3/G7 Has the responsibility for establishing and managing *tracking and oversight* activities been assigned?
- 1.2-2.4/G8 Is the adequacy of resources (e.g., funding, staff, tools, etc.) provided for performing *tracking and oversight* activities assessed?
- 1.2-2.5/G9 Are *personnel* trained in the objectives *procedures*, and *methods* for performing *tracking and oversight* activities?
- 1.2-2.6 Have *systems engineering team leaders* received orientation in the technical aspects of the *program*?
- 1.2-2.7 Are responsibilities designated for collecting, reviewing and evaluating *technical performance measures* for the *program*? **T1.2-A-L2**
- 1.2-2.8 Are responsibilities designated for collecting, reviewing and evaluating *planning and control metrics* for the *program*? **T1.2-B-L2**
- 1.2-2.9 Are responsibilities designated for collecting, reviewing and evaluating *systems engineering metrics* for the *program*? **T1.2-C-L2**
- 1.2-2.10 Is *information, data, and lessons learned*, obtained from *tracking and oversight metrics* collected and archived for use by future *programs*? **T1.2-D-L2**
- 1.2-2.11/G10 Is *tracking and oversight* performed in a *structured manner*?
- 1.2-2.12/G11 Are *data* collected for monitoring *tracking and oversight* activities?

- 1.2-2.13/G12 Are corrective actions initiated when *tracking and oversight* activities deviate significantly from the *plan*?
- 1.2-2.14/G13 Are the products / results of the *tracking and oversight* activities at least of adequate *value* to the *program*?
- 1.2-2.15/G14 Are *tracking and oversight* activities at least of adequate *effectiveness*?

1.2-3 Defined

- 1.2-3.1/G15 Are *tracking and oversight* activities planned, approved, and established according to a *formal procedure*?
- 1.2-3.2 Are systems engineering commitments and changes to commitments made to individuals and groups external to the *organization* reviewed?
- 1.2-3.3 Are approved changes to commitments that affect the *program* communicated to *systems engineering* and other related *personnel*? **T1.2-E-L3**
- 1.2-3.4 Are action items documented and assigned, reviewed, and tracked to closure?
- 1.2-3.5 Are the *risks* associated with cost, resource, schedule, and technical aspects of the *program* tracked?
- 1.2-3.6 Are *planning and control metrics* for the systems engineering aspects of the *program* recorded and distributed to appropriate parties? **T1.2-B-L3a**
- 1.2-3.7 Do *systems engineering personnel* conduct periodic *informal reviews* to track technical progress, plans, performance, and issues against the *plan*?
- 1.2-3.8 Are *formal reviews* to address the accomplishments and results of the *systems engineering* aspects of the *program* conducted at selected milestones?
- 1.2-3.9 Is a *mechanism* used to assure that the system's *functional baseline* is established, allocated, and monitored during design and implementation?
- 1.2-3.10 Are *metrics* (*technical performance measures*, *process and control*, and *systems engineering*) defined according to a *formal procedure*?
- 1.2-3.11 Are *program technical performance measures* identified, documented, and distributed to appropriate parties?
- 1.2-3.12 Are *technical performance measures* mapped to measures of effectiveness?
- 1.2-3.13 Are *technical performance measures* profiles re-assessed and re-allocated as necessary during the *program life cycle*?
- 1.2-3.14 Is modeling and analyses an element of *technical performance measures tracking and oversight*?
- 1.2-3.15 Are *technical performance measures* collected, evaluated, and reported according to a *formal procedure*? **T1.2-A-L3**
- 1.2-3.16 Are *technical resource profiles* maintained for each critical system *configuration item* in the *system architecture*?
- 1.2-3.17 Are *profiles* maintained of completed *systems engineering* activities against planned activities?
- 1.2-3.18 Are all *systems engineering* problem reports prioritized and tracked to closure?
- 1.2-3.19 Are quantitative *systems engineering* goals established and tracked for the *program*?
- 1.2-3.20 Are formal records maintained of subsystem and *configuration item specification* progress?
- 1.2-3.21 Do *systems engineering team leaders* regularly review technical progress and issues with their engineers?
- 1.2-3.22 Are *data* on work product and/or *specification* errors collected during development and verification? **T1.2-D-L3**

- 1.2-3.23 Are *systems engineering process metrics* identified, documented, and distributed to appropriate parties? **T1.2-C-L3a**
- 1.2-3.24 Are *systems engineering process metrics* collected, evaluated, and reported?
T1.2-C-L3b
- 1.2-3.25 Are planning and control *metrics* collected, evaluated, and reported? **T1.2-B-L3b**
- 1.2-3.26/G16 Are *metrics* developed to assess the effectiveness of *tracking and oversight* activities?
- 1.2-3.27/G17 Are peer/defect reviews conducted to assess and improve *tracking and oversight* activities and products?
- 1.2-3.28/G18 Are *tracking and oversight* processes standardized across the *organization*?
- 1.2-3.29/G19 Are *guidelines* provided to allow the *program* to *tailor* the *standard tracking and oversight process* for its specific needs?
- 1.2-3.30/G20 Are the products / results of the *tracking and oversight* activities at least of significant *value* to the *program*?
- 1.2-3.31/G21 Are *tracking and oversight* activities at least of significant *effectiveness*?

9.1.3 KFA 1.4 Inter-group Coordination

- | | |
|--------------|--|
| 1.4-1 | Performed |
| 1.4-1.1/G1 | Is inter-group coordination being accomplished in at least an informal manner? |
| 1.4-1.2 | Is the importance of inter-group coordination understood by <i>program</i> participants?
T1.4-A-L1 |
| 1.4-1.3 | Do <i>program stakeholders</i> regularly exchange technical information? T1.4-B-L1a |
| 1.4-1.4 | Are there regular technical interchanges with the <i>customer</i> ? T1.4-B-L1b |
| 1.4-1.5/G2 | Are inter-group coordination activities planned for the <i>program</i> ? |
| 1.4-1.6 | Do affected personnel review and/or approve plans within groups which may affect other groups? T1.4-C-L1 |
| 1.4-1.7 | Are both traditional and speciality engineering disciplines involved in product development as needed? T1.4-D-L1 |
| 1.4-1.8/G3 | Are the products / results of inter-group coordination activities at least of marginal <i>value</i> to the <i>program</i> ? |
| 1.4-1.9/G4 | Are inter-group coordination activities at least of marginal <i>effectiveness</i> ? |
| 1.4-2 | Managed |
| 1.4-2.1/G5 | Does the <i>program</i> follow a written organizational <i>policy</i> (may be part of a broad-based <i>policy</i>) for implementing inter-group coordination? |
| 1.4-2.2/G6 | Is there an approved plan (may be part of a larger technical management plan) for the <i>program</i> to perform inter-group coordination? |
| 1.4-2.3/G7 | Has the responsibility for identifying, coordinating, and resolving issues among different groups been assigned? |
| 1.4-2.4 | Are <i>processes</i> for assembling the right mix of technical disciplines established?
T1.4-D-L2 |
| 1.4-2.5 | Do systems engineering activities have representation from appropriate engineering skills? T1.4-A-L2a |
| 1.4-2.6 | Do inter-group coordination activities include adequate customer involvement?
T1.4-B-L2a |
| 1.4-2.7 | Are systems engineering issues called to the attention of the <i>program manager</i> ?
T1.4-B-L2b |
| 1.4-2.8 | Does the <i>program</i> have a <i>process</i> for resolving inter-group issues? T1.4-E-L2a |

- 1.4-2.9 Is there an established *process* for escalation and arbitration of technical differences, leading to resolution? **T1.4-E-L2b**
- 1.4-2.10 Is a *mechanism* used to communicate issue resolutions to all affected organizations including subcontractors and associate contractors? **T1.4-B-L2c**
- 1.4-2.11 Are team meeting facilities available?
- 1.4-2.12/G8 Is the adequacy of resources (e.g., funding, staff, tools, etc.) provided for performing inter-group coordination activities assessed?
- 1.4-2.13/G9 Do personnel receive training in communication skills, group problem solving, and active listening?
- 1.4-2.14 Are inter-group coordination activities and the results of those activities documented?
- 1.4-2.15 Does management espouse and model in their own behavioral and appropriate communication skills? **T1.4-A-L2b**
- 1.4-2.16/G10 Is inter-group coordination being managed in a *structured manner*?
- 1.4-2.17/G11 Are *data* collected for monitoring inter-group coordination activities?
- 1.4-2.18/G12 Are corrective actions initiated when inter-group coordination activities deviate significantly from the *plan*?
- 1.4-2.19/G13 Are the products / results of the inter-group coordination activities at least of adequate *value* to the *program*?
- 1.4-2.20/G14 Are inter-group coordination activities at least of adequate *effectiveness*?
- 1.4-3 Defined**
- 1.4-3.1/G15 Are inter-group coordination activities planned, approved, and established according to a *formal procedure*?
- 1.4-3.2 Are *standards* and *guidelines* used to coordinate integrated engineering analysis activities? **T1.4-D-L3a**
- 1.4-3.3 Are *formal procedures* in used to identify multi-disciplinary team members?
T1.4-D-L3b
- 1.4-3.4 Do systems engineering personnel organize, conduct and close *formal reviews* of the *system requirements*? **T1.4-C-L3**
- 1.4-3.5 Do systems engineering personnel review and agree to designs produced by other engineering *design teams*? **T1.4-E-L3a**
- 1.4-3.6 Are all appropriate engineering disciplines represented on the *systems design team*?
T1.4-A-L3
- 1.4-3.7 Do the developers of *configuration items* review and agree to the *system requirements* allocated to the *configuration item*? **T1.4-E-L3b**
- 1.4-3.8 Do *systems engineering* personnel review and agree to the products produced by other engineering disciplines? **T1.4-E-L3c**
- 1.4-3.9 Do the other engineering disciplines review and agree to *systems engineering* products? **T1.4-E-L3d**
- 1.4-3.10 Do *systems engineering* personnel and other engineering personnel periodically engage in technical meetings to review, identify, and resolve problem areas?
T1.4-B-L3a
- 1.4-3.11 Do systems engineering personnel review and approve *plans* prepared by other groups that may have an impact on the *system requirements*? **T1.4-B-L3b**
- 1.4-3.12 Do systems engineering personnel review and approve all plans that affect multiple engineering *organizations/disciplines/functions*? **T1.4-B-L3c**
- 1.4-3.13/G16 Are *metrics* developed to assess inter-group coordination *effectiveness*?

- 1.4-3.14/G17 Are peer/defect reviews conducted to assess and improve inter-group coordination activities and products?
- 1.4-3.15/G18 Are inter-group coordination processes *standardized* across the *organization*?
- 1.4-3.16/G19 Are *guidelines* provided to allow the *program* to *tailor* the *standard* inter-group coordination *process* for its specific needs?
- 1.4-3.17/G20 Are the products / results of the inter-group coordination activities at least of significant *value* to the *program*?
- 1.4-3.18/G21 Are inter-group coordination activities at least of significant *effectiveness*?

9.1.4 KFA 1.5 Configuration Management

1.5-1 Performed

1.5-1.1/G1 Is *configuration management* being accomplished in at least an informal manner?

1.5-1.2 Is there a means to control the *configuration items*, *baselines*, and all changes thereto? **T1.5-A-L1**

1.5-1.3/G2 Are *configuration management* activities planned for the *program*?

1.5-1.4/G3 Are the products / results of the *configuration management* activities at least of marginal *value* to the *program*?

1.5-1.5/G4 Are *configuration management* activities at least of marginal *effectiveness*?

1.5-2 Managed

1.5-2.1/G5 Does the *program* follow a written organizational *policy* (may be part of a broad-based *policy*) for implementing *configuration management*?

1.5-2.2/G6 Is there an approved plan (may be part of a larger technical management plan) for the *program* to perform *configuration management*?

1.5-2.3 Are the work products to be placed under *configuration management* identified?

T1.5-B-L2

1.5-2.4 Has responsibility been established for managing *configuration items* (e.g. configuration control board)? **T1.5-C-L2**

1.5-2.5/G7 Has responsibility been assigned for coordinating and implementing *configuration management*?

1.5-2.6/G8 Is the adequacy of resources (i.e. funding, staff, tools, etc.) provided for performing *configuration management* activities assessed?

1.5-2.7 Are *configuration management* personnel trained in the objectives, *procedures*, and *methods* for performing their *configuration management activities*?

1.5-2.8/G9 Are systems engineering personnel and other engineering personnel trained to perform their *configuration management activities*?

1.5-2.9/G10 Is *configuration management* being performed in a *structured manner*?

1.5-2.10/G11 Are *data* collected for monitoring *configuration management activities*?

1.5-2.11/G12 Are corrective actions initiated when *configuration management activities* deviate significantly from the *plan*?

1.5-2.12/G13 Are the products / results of the *configuration management activities* at least of adequate *value* to the *program*?

1.5-2.13/G14 Are *configuration management activities* at least of adequate *effectiveness*?

1.5-3 Defined

1.5-3.1/G15 Are *configuration management activities* planned, approved, and established according to a *formal procedure*?

- 1.5-3.2 Is a *configuration management* library system established as a repository for *baselines*? **T1.5-A-L3a**
- 1.5-3.3 Are change requests and problem reports for all *configuration items* initiated, recorded, reviewed, approved, and tracked? **T1.5-A-L3b**
- 1.5-3.4 Are changes to *baselines* controlled by a change review board? **T1.5-C-L3**
- 1.5-3.5 Are products from the *baseline* library created and their release formally controlled?
T1.5-A-L3c
- 1.5-3.6 Is the status of *configuration items* recorded? **T1.5-B-L3**
- 1.5-3.7 Are configuration status reports documenting the configuration control activities made available?
- 1.5-3.8 Are *baseline* audits conducted and results recorded?
- 1.5-3.9 Is a *mechanism* used for controlling changes to *system/subsystem/configuration item requirements*?
- 1.5-3.10 Is a *mechanism* used for controlling changes to *configuration item* product *specification*?
- 1.5-3.11 Is a *formal procedure* used for controlling changes to the products which have completed *baseline verification*?
- 1.5-3.12 Is a *mechanism* used for controlling changes to the system and component *configuration item* design?
- 1.5-3.13 Is there a configuration control function for all formal documentation produced by systems engineering personnel?
- 1.5-3.14 Are tests and/or reviews performed to ensure that changes to *configuration items* have not caused unintentional effects?
- 1.5-3.15 At any given point in time can the status of engineering products under *configuration management* be identified?
- 1.5-3.16 Do system *configuration management* audits verify the completeness and correctness of the contents of specifications?
- 1.5-3.17/G16 Are *metrics* collected to assess the effectiveness of *configuration management* activities?
- 1.5-3.18/G17 Are peer/defect reviews conducted to assess and improve *configuration management* activities and products?
- 1.5-3.19/G18 Are *configuration management* processes *standardized* across the organization?
- 1.5-3.20/G19 Are *guidelines* provided to allow the *program* to *tailor* the *standard configuration management process* for its specific needs?
- 1.5-3.21/G20 Are the products / results of the *configuration management* activities at least of significant *value* to the *program*?
- 1.5-3.22/G21 Are *configuration management* activities at least of significant *effectiveness*?

9.1.5 KFA 1.7 Risk Management

- 1.7-1**
- 1.7-1.1/G1 **Performed**
Are *risks* being identified, analyzed, and mitigated in at least an informal manner on the *program*?
- 1.7-1.2/G2 Are *risk management* activities planned for the *program*?
- 1.7-1.3 Is the *program manager* made aware of significant risks? **T1.7-A-L1**
- 1.7-1.4/G3 Are the products / results of the *risk management* activities at least of marginal *value* to the *program*?
- 1.7-1.5/G4 Are *risk management* activities at least of marginal *effectiveness*?

1.7-2 Managed

- 1.7-2.1/G5 Does the *program* follow a written organizational *policy* (may be part of a broad-based *policy*) for implementing *risk management*?
- 1.7-2.2/G6 Is there an approved *risk management plan* (may be part of a larger technical plan) for the *program* to identify, analyze, and mitigate *risk*?
- 1.7-2.3/G7 Has responsibility been assigned for *program risk management* activities?
- 1.7-2.4 Are systems engineering personnel assigned to perform *risk management*?
- 1.7-2.5 Does the *risk management plan* define the risk levels (sometimes referred to as a risk model) to be used by the *program*?
- 1.7-2.6 Does the *risk management plan* define what management response is required for each risk level?
- 1.7-2.7 Are *risks* categorized into those that can be avoided, controlled, or accepted?
- T1.7-B-L2**
- 1.7-2.8 Has a communication path been established between the risk management team and the *program management team*? **T1.7-A-L2**
- 1.7-2.9/G8 Is the adequacy of resources (e.g. funding, staff, tools, etc.) provided for *risk management* activities assessed?
- 1.7-2.10 Are appropriate *tools* available to conduct risk analyses?
- 1.7-2.11/G9 Are systems engineering personnel and other engineering personnel trained to perform their respective *risk management* activities?
- 1.7-2.12 Does *risk management* involve a multi-functional group that spans both technical and business specialties? **T1.7-C-L2a**
- 1.7-2.13 Is *risk management* integrated both vertically and horizontally across the *program*? **T1.7-C-L2b**
- 1.7-2.14/G10 Is *risk management* being performed in a *structured manner*?
- 1.7-2.15 Are *risk management* (identification, analysis, and mitigation) activities re-evaluated over the duration of the *program*? **T1.7-D-L2**
- 1.7-2.16/G11 Are *data* collected for monitoring *risk management* activities?
- 1.7-2.17/G12 Are corrective actions initiated when *risk management* activities deviate significantly from the *plan*?
- 1.7-2.18/G13 Are the products / results of the *risk management* activities at least of adequate *value* to the *program*?
- 1.7-2.19/G14 Are *risk management* activities at least of adequate *effectiveness*?

1.7-3 Defined

- 1.7-3.1/G15 Are *risk management* activities planned, approved, and established according to a *formal procedure*?
- 1.7-3.2 When a set of *risks* is identified for the *program*, are the *risks* reviewed to determine that they form a complete set?
- 1.7-3.3 Are all elements of the *work breakdown structure* examined as part of the risk identification process in order to help ensure that all *program* aspects have been considered?
- 1.7-3.4 Is there a well-defined method for evaluating *risk* associated with key *processes* within the *program* (e.g. design, test, manufacturing, etc.)?
- 1.7-3.5 Is the analysis of *risks* reviewed for adequacy and completeness?
- 1.7-3.6 For each *risk*, are cause and effect relationships established?
- 1.7-3.7 Is each *risk* analyzed for potential coupling to all other identified *risks*?
- 1.7-3.8 For each *risk*, are alternative courses of action, work-arounds, and/or fall-back positions developed with a recommended course of action?

- 1.7-3.9 Are *risk* thresholds established, which when exceeded, institute more aggressive mitigation efforts?
- 1.7-3.10 For each identified *risk*, is the potential impact to the *program* assessed should the *risk* occur?
- 1.7-3.11 Does the risk management team provide the *program management* team clear recommendations and justification for risks requiring mitigation? **T1.7-A-L3a**
- 1.7-3.12 Are risk mitigation alternatives provided to management along with the anticipated impact of each alternative on *risk*, cost, and schedule? **T1.7-A-L3b**
- 1.7-3.13 Are *risk* analysis results and mitigation plans documented? **T1.7-C-L3a**
- 1.7-3.14 Is *risk* mitigation (handling) reviewed for adequacy and completeness?
- 1.7-3.15 Are risk reduction profiles documented and reviewed for appropriateness?
T1.7-B-L3
- 1.7-3.16 Are *risks* monitored at appropriate milestones and re-evaluated? **T1.7-D-L3**
- 1.7-3.17 Are the results of *risk* monitoring activities provided to affected personnel/disciplines?
T1.7-C-L3b
- 1.7-3.18 Is there a *mechanism* for monitoring corrective actions taken and tracking open *risk* items to closure?
- 1.7-3.19 Are the *metrics* used in Tracking and Oversight activities an integral part of the *risk* monitoring activities?
- 1.7-3.20/G16 Are *metrics* collected to assess the effectiveness of *risk management* activities?
- 1.7-3.21 Is *risk management* a part of *program formal reviews*?
- 1.7-3.22/G17 Are peer/defect reviews conducted to assess and improve *risk management* activities and products?
- 1.7-3.23/G18 Is the *risk management process* standardized across the *organization*?
- 1.7-3.24/G19 Are *guidelines* provided to allow the *program* to tailor the *standard risk management process* for its specific needs?
- 1.7-3.25/G20 Are the products / results of the *risk management* activities at least of significant *value* to the *program*?
- 1.7-3.26/G21 Are *risk management* activities at least of significant *effectiveness*?

9.1.6 KFA 2.1 Process Management and Improvement

- | | |
|--------------|--|
| 2.1-1 | Performed |
| 2.1-1.1/G1 | Is <i>systems engineering process</i> management being accomplished in at least an informal manner? |
| 2.1-1.2 | Are <i>systems engineering processes</i> being identified? T2.1-A-L1 |
| 2.1-1.3/G2 | Are <i>systems engineering process</i> management activities planned for the <i>organization</i> ? |
| 2.1-1.4/G3 | Are the products / results of the <i>systems engineering process</i> management and activities at least of marginal <i>value</i> to the <i>organization</i> ? |
| 2.1-1.5/G4 | Are <i>systems engineering process</i> management activities at least of marginal <i>effectiveness</i> ? |
| 2.1-2 | Managed |
| 2.1-2.1/G5 | Does the <i>organization</i> follow a written organizational <i>policy</i> (may be part of a broad-based <i>policy</i>) for implementing and maintaining its <i>systems engineering process</i> ? |
| 2.1-2.2/G6 | Is there an approved <i>systems engineering process improvement plan</i> (stand-alone or part of the <i>systems engineering process</i>)? |

- 2.1-2.3 Is improvement of *systems engineering process* being accomplished in at least an informal manner? **T2.1-B-L2**
- 2.1-2.4/G7 Is there a designated systems engineering manager or *team leader* responsible for *process* management?
- 2.1-2.5 Are there designated systems engineers responsible for *process* management and improvement? **T2.1-C-L2a**
- 2.1-2.6 Is *systems engineering process improvement* part of the responsibility of those responsible for *process* management? **T2.1-C-L2b**
- 2.1-2.7 Is the organizational *policy* clearly and completely described and presented to all engineering and *program* personnel? **T2.1-D-L2**
- 2.1-2.8 Has a managed and controlled *process* database been established for *process data* in the *organization*? **T2.1-A-L2a**
- 2.1-2.9 Are best practices within the *organization* identified and communicated to other *programs*? **T2.1-A-L2b**
- 2.1-2.10/G8 Is the adequacy of resources (e.g., funding, staff, tools, etc.) provided to perform *systems engineering process* management and improvement activities assessed?
- 2.1-2.11/G9 Is training provided to systems engineering personnel involved in *systems engineering process* management?
- 2.1-2.12 Is training provided on how to improve *systems engineering process*? **T2.1-E-L2**
- 2.1-2.13/G10 Is *systems engineering process* management and improvement performed in a *structured manner*?
- 2.1-2.14/G11 Are *data* collected for monitoring *systems engineering process* management and improvement activities?
- 2.1-2.15/G12 Are corrective actions initiated when *process* management and improvement activities deviate significantly from the *plan*?
- 2.1-2.16/G13 Are the products / results of the *process* management and improvement activities at least of adequate *value* to the *program*?
- 2.1-2.17/G14 Are *process* management and improvement activities at least of adequate *effectiveness*?
- 2.1-3 Defined**
- 2.1-3.1/G15 Are *process* management and improvement activities planned, approved, and established according to a *formal procedure*?
- 2.1-3.2 Has a *standard systems engineering process* been documented by the *organization*? **T2.1-A-L3a**
- 2.1-3.3 Are the inputs and outputs of *systems engineering process* activities clearly defined? **T2.1-A-L3b**
- 2.1-3.4 Are initiation and *completion criteria* defined for each major activity in the *systems engineering process*? **T2.1-A-L3c**
- 2.1-3.5/G16 Are *metrics* collected for assessing the effectiveness of *process* management and improvement?
- 2.1-3.6/G17 Are peer/defect reviews conducted to assess and improve *process* management and improvement activities and products?
- 2.1-3.7 Are error causes reviewed to determine whether changes to the *systems engineering process* are required to prevent future occurrences of such errors? **T2.1-B-L3a**
- 2.1-3.8 Is a *mechanism* used for periodically assessing the *systems engineering process* and implementing indicated improvements? **T2.1-B-L3b**

- 2.1-3.9 Does the *organization* seek to benchmark its *systems engineering process* against *processes* used by other *organizations*? **T2.1-B-L3c**
- 2.1-3.10/G18 Does the *organization* have a *standard systems engineering process*?
- 2.1-3.11/G19 Does the *standard systems engineering process* permit *tailoring* to meet specific *program needs*?
- 2.1-3.12 Is there an established set of *tailoring guidelines*? **T2.1-E-L3**
- 2.1-3.13 Does the *program* use the *organization's* defined *systems engineering process*?
T2.1-F-L3a
- 2.1-3.14 Are *formal methods* for *systems engineering* used on *programs*? **T2.1-F-L3b**
- 2.1-3.15 Is a single *process management* and *improvement process* *standardized* across the *organization*? **T2.1-B-L3c**
- 2.1-3.16/G20 Are the *products / results* of the *systems engineering process management* and *improvement activities* at least of significant *value* to the *organization*?
- 2.1-3.17/G21 Are *systems engineering process management* and *improvement activities* at least of significant *effectiveness*?

9.1.7 KFA 2.4 Environment and Tool Support

2.4-1 Performed

- 2.4-1.1/G1 Is *environment* and *tool support* for *systems engineering activities* being accomplished in at least an informal manner?
- 2.4-1.2 Is there a recognized *systems engineering environment* and *tools*? **T2.4-A-L1**
- 2.4-1.3 Is the selection of *systems engineering tools* driven by the needs of the enterprise?
T2.4-B-L1
- 2.4-1.4/G2 Are *environment* and *tool support activities* planned for the *organization*?
- 2.4-1.5/G3 Is the *systems engineering environment, tools, and support* at least of marginal *value* to the *organization*?
- 2.4-1.6/G4 Are the *systems engineering environment* and *tool development and support activities* at least of marginal *effectiveness*?

2.4-2 Managed

- 2.4-2.1/G5 Is there a *policy* (may be part of a broad-based *policy*) endorsing the use of a common *environment* and standard *tools* for *systems engineering activities*?
- 2.4-2.2 Are the needs of the enterprise captured as a documented set of requirements for the *systems engineering environment and tools*? **T2.4-C-L2**
- 2.4-2.3 Has an *environment* and a set of *tools* been deployed? **T2.4-A-L2**
- 2.4-2.4/G6 Is there a *plan* to provide resources to maintain and upgrade facilities and *tools* in support of the *systems engineering environment*?
- 2.4-2.5/G7 Have responsibilities been assigned to provide *environment* and *tool support* for *systems engineering activities*?
- 2.4-2.6/G8 Is the adequacy of resources (e.g. funding, staff, *tools*, etc.) provided to perform *systems engineering environment and tool support* assessed?
- 2.4-2.7/G9 Are technical support personnel trained to perform *environment* and *tool support* for the *systems engineering activities*?
- 2.4-2.8 Are the responsibilities and duties of the technical support personnel established?
T2.4-D-L2
- 2.4-2.9 Has an *environment* and set of *tools* been established for application to *systems engineering tasks*? **T2.4-B-L2**

- 2.4-2.10 Is training provided to *systems engineering* personnel who use the *environment* and *tools*? **T2.4-E-L2**
- 2.4-2.11 Are the *environment* and *tools* adaptable for specific *program* requirements? **T2.4-F-L2**
- 2.4-2.12 Does the *environment* and its information infrastructure facilitate the sharing of key information across all disciplines participating on a *program*? **T2.4-G-L2**
- 2.4-2.13 Is use of the *environment* and *tools* promoted by management? **T2.4-H-L2**
- 2.4-2.14 Is the design generally driven by the tool? **T2.4-J-L2**
- 2.4-2.15/G10 Is *environment* and *tool* support for *systems engineering* activities provided in a *structured manner*?
- 2.4-2.16/G11 Are *data* collected for monitoring *environment* and *tool* support activities?
- 2.4-2.17/G12 Are corrective actions initiated when *environment* and *tool* support activities deviate significantly from the *plan*?
- 2.4-2.18/G13 Are the products / results of the *environment* and *tool* support activities at least of adequate *value* to the *organization*?
- 2.4-2.19/G14 Are *environment* and *tool* support activities at least of adequate *effectiveness*?
- 2.4-3 Defined**
- 2.4-3.1/G15 Are *environment* and *tool* support activities planned, approved, and established according to a *formal procedure*?
- 2.4-3.2 Are the needs of each *program* included as part of the documented set of requirements for the *systems engineering environment and tools*? **T2.4-C-L3a**
- 2.4-3.3 Is a *mechanism* used to identify and replace obsolete *systems engineering tools* and *methods*? **T2.4-B-L3a**
- 2.4-3.4 Are measures taken to leverage prior investments in obsolete *environment* and *tool* components when migrating to new ones? **T2.4-B-L3b**
- 2.4-3.5 Is there a *mechanism* for assessing new candidate *environment* and *tool* components? **T2.4-B-L3c**
- 2.4-3.6 Is a *trade study* performed to determine the costs/benefit of commercial off the shelf (COTS) *environment* and *tool* components versus in-house custom *environment* and *tool* components? **T2.4-B-L3d**
- 2.4-3.7 Is assistance provided to accomplish *tailoring* (i.e. toolsmiths)? **T2.4-E-L3**
- 2.4-3.8 Is the configuration of the *environment* and *tool* components managed? **T2.4-A-L3a**
- 2.4-3.9 Is there a *mechanism* for reusing work products?
- 2.4-3.10 Is a *standard* set of *process* and *product data* recorded within the *systems engineering environment*? **T2.4-I-L3**
- 2.4-3.11 Do *tools* support the *standard systems engineering process*? **T2.4-C-L3**
- 2.4-3.12 Is the adequacy of *environment* and *tool* support assessed? **T2.4-D-L3**
- 2.4-3.13/G16 Are *metrics* collected for assessing the *effectiveness* of *environment* and *tool* support?
- 2.4-3.14/G17 Are peer/defect reviews conducted to assess and improve *environment* and *tool* support activities and products?
- 2.4-3.15/G18 Are *environment* and *tool* support *processes* *standardized* across the *organization*?
- 2.4-3.16 Has a *standard environment* and set of *tools* been established for application to *systems engineering* tasks? **T2.4-A-L3b**
- 2.4-3.17 Does the *environment* and its information infrastructure facilitate the sharing of all information across all disciplines participating on a *program*? **T2.4-G-L3a**
- 2.4-3.18 Are all *tools* in the *environment* suitably integrated? **T2.4-G-L3b**

- 2.4-3.19 Are the *environment* and *tools* *tailorable* for specific *program* requirements?
T2.4-F-L3
- 2.4-3.20/G19 Are *guidelines* provided to allow the *program* to *tailor* the *standard environment* and *tool* for its specific needs?
- 2.4-3.21 Is use of the *standard environment* and *tools* mandated by management?
T2.4-H-L3
- 2.4-3.22 Is the information provided by the tools used in decision making processes?
T2.4-J-L3
- 2.4-3.23/G20 Are the products / results of the *environment* and *tool* support activities at least of significant *value* to the *organization*?
- 2.4-3.24/G21 Are *environment* and *tool* support activities at least of significant *effectiveness*?

9.1.8 KFA 3.1 System Concept Definition

- 3.1-1 Performed**
- 3.1-1.1/G1 Is system concept definition being performed in at least an informal manner?
- 3.1-1.2/G2 Are system concept definition activities planned for the *program*?
- 3.1-1.3 Are customer/user needs and constraints documented and understood? **T3.1-A-L1**
- 3.1-1.4 Are *stakeholder* needs and constraints documented and understood? **T3.1-B-L1**
- 3.1-1.5 Are technological limitations documented and understood? **T3.1-C-L1a**
- 3.1-1.6 Is more than one alternative system concept considered? **T3.1-D-L1**
- 3.1-1.7 Are cost drivers associated with each system concept considered? **T3.1-E-L1**
- 3.1-1.8 Are risk items associated with each system concept considered? **T3.1-F-L1**
- 3.1-1.9 Is the complexity of each system concept considered? **T3.1-G-L1**
- 3.1-1.10 Are system expansion and growth concepts considered as part of *system concept definition* activities? **T3.1-C-L1b**
- 3.1-1.11/G3 Are the products / results of system concept definition activities at least of marginal *value* to the *program*?
- 3.1-1.12/G4 Are system concept definition activities at least of marginal *effectiveness*?
- 3.1-2 Managed**
- 3.1-2.1/G5 Does the *program* follow a written organizational *policy* (may be part of a broader policy) for implementing system concept definition activities?
- 3.1-2.2/G6 Is there an approved *plan* (may be part of a larger technical management plan) for the *program* to perform system concept definition?
- 3.1-2.3 Are the key elements of the system concepts documented?
- 3.1-2.4 Is the level of detail and rigor for each system concept alternative developed commensurate with the anticipated size and complexity of the system? **T3.1-G-L2a**
- 3.1-2.5/G7 Is there a designated systems engineering manager or *team leader* responsible for system concept definition on the *program*?
- 3.1-2.6 Does the concept definition team have a broad technology background in the primary engineering disciplines required of the *system*?
- 3.1-2.7 Does the concept definition team have domain experience in the area(s) of customer/user needs and operational goals?
- 3.1-2.8 Are operational scenarios developed to scope the anticipated uses of the *system*?
T3.1-H-L2a
- 3.1-2.9 Are customer/user needs captured in the form of a *user requirements baseline*?

- 3.1-2.10 Do documented *stakeholder* constraints drive the selection and evaluation of alternative solutions? **T3.1-B-L2**
- 3.1-2.11 Are customers/users involved in *trade studies*; especially where key requirements cannot all be met? **T3.1-A-L2**
- 3.1-2.12 Are potential technological limitations considered during *trade studies* of alternative system concepts?
T3.1-C-L2
- 3.1-2.13 Are cost drivers considered during *trade studies* of alternative system concepts?
T3.1-E-L2
- 3.1-2.14 Are risk items considered during *trade studies* of alternative system concepts?
T3.1-F-L2
- 3.1-2.15 Is the complexity of the system considered during *trade studies* of alternative system concepts? **T3.1-G-L2b**
- 3.1-2.16 Is *functional analysis* performed to establish a top-level *functional baseline* completely traceable to the *user requirements baseline*?
- 3.1-2.17 Are *trade studies* performed to select between alternative concepts? **T3.1-D-L2**
- 3.1-2.18 Are *formal or informal reviews* conducted on the system concept and its allocated *baseline*? **T3.1-H-L2b**
- 3.1-2.19/G8 Is the adequacy of resources (e.g. funding, staff, *tools*, etc.) provided for performing necessary engineering studies, including prototype development (as required), assessed?
- 3.1-2.20 Does the concept definition team have the necessary communication skills to interact with the customer and/or users to elicit statements of needs and goals?
- 3.1-2.21 Does the concept definition team possess the skills needed to develop and assess alternative conceptual approaches?
- 3.1-2.22/G9 When skills are inadequate, is training provided in system concept definition?
- 3.1-2.23 Does training include system concept definition techniques, assessment *methods*, and concept documentation?
- 3.1-2.24/G10 Is system concept definition and requirements flow down performed in a *structured manner* on the *program*?
- 3.1-2.25/G11 Are *data* collected for monitoring system concept definition activities?
- 3.1-2.26/G12 Are corrective actions initiated when system concept definition activities deviate significantly from the *plan*?
- 3.1-2.27/G13 Are the products / results of the system concept definition activities at least of adequate *value* to the *program*?
- 3.1-2.28/G14 Are system concept definition activities at least of adequate *effectiveness*?
- 3.1-3 Defined**
- 3.1-3.1/G15 Are system concept definition activities planned, approved, and established according to a *formal procedure*?
- 3.1-3.2 Are the customers/users of the *system* directly involved in the definition of the system concept alternatives? **T3.1-A-L3**
- 3.1-3.3 Are *system* capabilities identified which meet the user's needs and customer's expectations?
- 3.1-3.4 When selecting a preferred system concept, are a sufficient number of alternative system concepts evaluated? **T3.1-D-L3a**
- 3.1-3.5 Are constraints reviewed to establish their validity? **T3.1-H-L3a**
- 3.1-3.6 Are conflicting *stakeholder* constraints balanced or resolved? **T3.1-B-L3**

- 3.1-3.7 Is growth in technological capability considered when evaluating alternative system concepts? **T3.1-C-L3**
- 3.1-3.8 Are *life cycle* implications of cost drivers considered as part of the *trade studies* of alternative system concepts? **T3.1-E-L3**
- 3.1-3.9 Are estimates of system complexity and the degree of coupling between system elements a factor in *trade studies*? **T3.1-G-L3**
- 3.1-3.10 Are models, simulations, or prototypes used in the analytical process of selecting between alternative system concepts? **T3.1-D-L3b**
- 3.1-3.11 Is system performance predicted and confirmed across the dynamic range of system operation as required in the operational scenarios? **T3.1-H-L3b**
- 3.1-3.12 Is the fidelity of performance predictions *validated*? **T3.1-H-L3c**
- 3.1-3.13 Is a sensitivity analysis performed as part of *trade studies*? **T3.1-D-L3c**
- 3.1-3.14 Are user-system interactions analyzed? **T3.1-H-L3d**
- 3.1-3.15 Is there a *mechanism* to assess concept feasibility? **T3.1-H-L3e**
- 3.1-3.16 Are scenarios describing *system* operation developed for each alternative system concept?
- 3.1-3.17 Are scenarios describing *life cycle* support developed for each alternative system concept?
- 3.1-3.18 Are *system* and operational concepts documented to a level useful for *deriving* and *validating system requirements*? **T3.1-H-L3e**
- 3.1-3.19/G16 Are *metrics* collected for assessing the effectiveness of *system* and operation concepts?
- 3.1-3.20/G17 Are peer/defect reviews conducted to assess and improve system concept definition activities and products?
- 3.1-3.21/G18 Are system concept definition *processes standardized* across the *organization*?
- 3.1-3.22/G19 Are *guidelines* provided to allow the *program* to *tailor* the *standard* system concept definition *process* for its specific needs?
- 3.1-3.23/G20 Are the products / results of the system concept definition activities at least of significant *value* to the *program*?
- 3.1-3.24/G21 Are system concept definition activities at least of significant *effectiveness*?

9.1.9 KFA 3.2 Requirements & Functional Analysis

- | | |
|--------------|--|
| 3.2-1 | Performed |
| 3.2-1.1/G1 | Is <i>requirements analysis</i> being accomplished by the <i>program</i> in at least an informal manner? |
| 3.2-1.2 | Is <i>functional analysis</i> being accomplished by the <i>program</i> in at least an informal manner? |
| 3.2-1.3/G2 | Are <i>requirements</i> and <i>functional analysis</i> activities <i>planned</i> for the <i>program</i> ? |
| 3.2-1.4 | Are <i>stakeholder</i> constraints included in the <i>user requirements baseline</i> ? T3.2-A-L1 |
| 3.2-1.5 | Are <i>subsystem requirements</i> documented? T3.2-B-L1 |
| 3.2-1.6 | Is the <i>functional architecture</i> developed, related to, and consistent with, the <i>system</i> and <i>subsystem requirements</i> ? T3.2-C-L1 |
| 3.2-1.7 | Is sequencing of time-critical functions considered? T3.2-D-L1 |
| 3.2-1.8 | Are <i>trade studies</i> conducted during <i>requirements and functional analysis</i> to select between competing alternatives? T3.2-E-L1 |
| 3.2-1.9 | Are <i>stakeholders</i> provided an opportunity to review <i>requirements</i> ? T3.2-F-L1 |
| 3.2-1.10 | Are <i>requirements</i> reviewed for errors? T3.2-G-L1 |

- 3.2-1.11 Are *requirements* reviewed for completeness? **T3.2-H-L1**
- 3.2-1.12 Is the complexity of *requirements* considered? **T3.2-I-L1**
- 3.2-1.13 Are changes to *requirements* documented? **T3.2-J-L1**
- 3.2-1.14/G3 Are the products / results of the *requirements and functional analysis* activities at least of marginal *value* to the *program*?
- 3.2-1.15/G4 Are *requirements and functional analysis* activities at least of marginal *effectiveness*?

3.2-2 Managed

- 3.2-2.1/G5 Does the *program* follow a written organizational *policy* (may be part of a broad-based *policy*) that requires the management and flow down of *system requirements* and the development of a corresponding *functional architecture*?
- 3.2-2.2/G6 Is there an approved program *plan* (may be part of a larger technical management plan) describing how *requirements and functional analysis* will be defined and managed?
- 3.2-2.3/G7 Is responsibility designated for the management of *requirements and functional analysis* on the *program*?
- 3.2-2.4 Do *stakeholders* participate in the *requirements* approval process? **T3.2-F-L2**
- 3.2-2.5 Does the *program* perform a planned sequence of tasks to transform customer/user expectations and constraints into a *system requirements baseline* (including *subsystem requirements*)? **T3.2-A-L2**
- 3.2-2.6 Are system-level requirements allocated and flowed-down to subsystems?
T3.2-C-L2a
- 3.2-2.7 Are *trade studies* performed to select between alternative lower-level *requirements*?
T3.2-E-L2a
- 3.2-2.8 Are *requirements* inspected for errors? **T3.2-G-L2**
- 3.2-2.9 Are *requirements* inspected for completeness? **T3.2-H-L2**
- 3.2-2.10 Are *requirements* inspected to establish complexity? **T3.2-I-L2**
- 3.2-2.11 Are changes to *requirements* managed? **T3.2-J-L2**
- 3.2-2.12 Is the impact of *system requirement* changes evaluated? **T3.2-L-L2**
- 3.2-2.13 Is the system-level *functional architecture* reduced to lower-level functions?
T3.2-K-L2
- 3.2-2.14 Is a time line analysis generated for sequencing of time-critical functions?
T3.2-D-L2
- 3.2-2.15 Are *trade studies* performed to select between alternative lower-level *functional architectures*? **T3.2-E-L2b**
- 3.2-2.16 Is system design considered as a potential constraint in determining feasible solutions for *functional architecture trade studies*? **T3.2-E-L2c**
- 3.2-2.17 Do *trade studies* conducted consider cost, schedule, and performance? **T3.2-E-L2d**
- 3.2-2.18 Is *requirements analysis* conducted iteratively in conjunction with *functional analysis* to develop lower level *subsystem requirements*? **T3.2-B-L2**
- 3.2-2.19 Are *subsystem requirements* traceable to the *customer/user requirements baseline*?
T3.2-C-L2b
- 3.2-2.20 Are discrepancies between lower-level *requirements* and the *customer/user baseline* identified and resolved? **T3.3-M-L2**
- 3.2-2.21/G8 Is the adequacy of resources (e.g., funding, staff, *tools*, etc.) provided for managing *requirements and functional analysis* assessed?
- 3.2-2.22 Does the requirements capture and functional architecture team consist of personnel with appropriate skills?

- 3.2-2.23/G9 When skills are inadequate, is training provided in *requirements and functional analysis*?
- 3.2-2.24 Are *tools* and models used where appropriate to conduct *requirements and functional analyses*?
- 3.2-2.25/G10 Are *subsystem requirements* being developed in a *structured manner* on the *program*?
- 3.2-2.26 Is the *functional architecture* being developed in a *structured manner*?
- 3.2-2.27/G11 Is *data* collected for monitoring *requirements and functional analysis* activities?
- 3.2-2.28/G12 Are corrective actions initiated when *requirements and functional analysis* activities deviate significantly from the *plan*?
- 3.2-2.29/G13 Are the products / results of the *requirements and functional analysis* activities at least of adequate *value* to the *program*?
- 3.2-2.30/G14 Are *requirements and functional analysis* activities at least of adequate *effectiveness*?

3.2-3 Defined

- 3.2-3.1/G15 Are *requirements and functional analysis* activities planned, approved, and established according to a *formal procedure*?
- 3.2-3.2 Are *requirements and functional analysis* managed throughout the *program's life cycle*?
- 3.2-3.3 Are *standards* applied to the generation and documentation of *subsystem requirements* and the corresponding *subsystem functional architecture*? **T3.2-B-L3**
- 3.2-3.4 Are *requirements* reviewed for completeness, feasibility (risk), *verifiability*, clarity, and consistency, before they are incorporated into and committed by the *program*? **T3.2-J-L3a**
- 3.2-3.5 Is *stakeholder* participation in the *requirements* approval process required? **T3.2-F-L3**
- 3.2-3.6 Is active customer/user participation sought to identify and resolve discrepancies between lower-level *requirements* and the *customer/user baseline*? **T3.3-M-L3a**
- 3.2-3.7 Are the allocated *requirements* used as the basis for plans, work products, and activities? **T3.2-D-L3a**
- 3.2-3.8 Are models, simulations, or prototyping *mechanisms* used during the analytical process?
- 3.2-3.9 Are models, simulations, or prototyping *mechanisms* used during the analytical process *validated*?
- 3.2-3.10 Are allocated *requirements* and lower-level *functional architectures* described and disseminated in documentation, models, etc.?
- 3.2-3.11 Are *verification* criteria documented in conjunction with the allocated requirements and corresponding *functional architecture*?
- 3.2-3.12 Are changes to the allocated requirements reviewed for impact on feasibility, cost, schedule, *risk*, etc. before being incorporated into the *program*? **T3.2-J-L3b**
- 3.2-3.13 Are *subsystem requirements* traceable to the definition of the *system functional architecture*? **T3.2-C-L3a**
- 3.2-3.14 Are allocated requirements used to guide the definition of the *functional architecture* of each *subsystem component*?
- 3.2-3.15 Is a time line analysis generated for sequencing of time-critical functions for critical use modes of the system and subsystems? **T3.2-D-L3b**
- 3.2-3.16 Are *derived requirements* traceable to analysis and design rationale? **T3.2-C-L3b**

- 3.2-3.17 Is system design margin managed and controlled across the *program* to mitigate *requirement* shortfalls within individual *configuration items*?
- 3.2-3.18 Are relationships between *requirements* identified and tracked in order to manage the impact of *requirement* changes during the development *process*? **T3.2-J-L3c**
- 3.2-3.19 Are non-technical *requirements* (e.g. certification, safety, producability, etc...) managed and weighted with respect to operational and functional *requirements*?
- 3.2-3.20 Are existing designs and products assessed against *requirements*, *functional architecture* and *verification plans*?
- 3.2-3.21 Is a formal discussion captured reflecting constraints and criteria used to evaluate alternatives? **T3.2-E-L3a**
- 3.2-3.22 Are the applicable interfaces addressed when selecting viable alternatives?
T3.2-E-L3b
- 3.2-3.23 Are deliberations on each alternative conducted by applying a standard set of "rules of evidence"? **T3.2-E-L3c**
- 3.2-3.24 Are all lower level *requirements* *traceable* to higher level *requirements*? **T3.2-C-L3c**
- 3.2-3.25 Are all lower level functions *traceable* to higher level functions? **T3.2-C-L3d**
- 3.2-3.26 Is there a *mechanism* for periodic review of the *requirements* and their relationship to the *functional architecture*?
- 3.2-3.27 Are *standards* for *requirements* *traceability* applied to the *program*? **T3.2-C-L3e**
- 3.2-3.28 Are *standards* for reducing *requirements* and functions applied to the *program*?
T3.2-K-L3
- 3.2-3.29 Is there a *formal process* to establish *documented criteria* for correctness and completeness of *requirements*? **T3.2-H-L3a**
- 3.2-3.30 Are *formal reviews* used to inspect *requirements* for errors? **T3.2-G-L3**
- 3.2-3.31 Are *formal reviews* used to inspect *requirements* for completeness? **T3.2-H-L3b**
- 3.2-3.32 Are *formal reviews* used to establish *requirement* complexity? **T3.2-I-L3**
- 3.2-3.33 Are the action items resulting from *formal reviews* of the *requirements* controlled and tracked to closure? **T3.2-M-L3b**
- 3.2-3.34 Is a *mechanism* used for controlling changes to the *system requirements*?
T3.2-J-L3f
- 3.2-3.35 Are *system* and *system component requirements* formally reviewed?
- 3.2-3.36 Is a *mechanism* used for controlling changes to the *system*, *subsystem* and *configuration item specifications*? **T3.2-J-3h**
- 3.2-3.37 Is the impact of *system requirement* changes evaluated regressively (i.e. for secondary effects within the system)? **T3.3-L-L3**
- 3.2-3.38 Does *program* management review each *specification* prior to making contractual estimates, schedules and personnel assignments?
- 3.2-3.39/G16 Are *metrics* collected for assessing the effectiveness of *requirements* and *functional analysis* activities?
- 3.2-3.40/G17 Are peer/defect reviews conducted to assess and improve *requirements* and *functional analysis* activities and products?
- 3.2-3.41/G18 Is the *process* for *requirements* and *functional analysis* *standardized* across the *organization*?
- 3.2-3.42/G19 Are *guidelines* provided to allow the *program* to *tailor* the *standard requirements* and *functional analysis* *process* for its specific needs?
- 3.2-3.43/G20 Are the products / results of the *requirements* and *functional analysis* activities at least of significant *value* to the *program*?

3.2-3.44/G21 Are *requirements and functional analysis* activities at least of significant *effectiveness*?

9.1.10 KFA 3.3 System Design

3.3-1 Performed

- 3.3-1.1/G1 Is system design being performed in at least an informal manner?
- 3.3-1.2/G2 Are system design activities planned for the *program*?
- 3.3-1.3 Are *system requirements* assigned to hardware, software, and other *system components*? **T3.3-A-L1**
- 3.3-1.4/G3 Are the products / results of the system design activities at least of marginal *value* to the *program*?
- 3.3-1.5/G4 Are system design activities at least of marginal *effectiveness*?

3.3-2 Managed

- 3.3-2.1/G5 Does the *program* follow a written organizational *policy* (may be part of a broad-based *policy*) for implementing the design *process* for *system* and *subsystem* development?
- 3.3-2.2/G6 Is there an approved *plan* (may be part of a larger technical management plan) for the *program* to perform system design?
- 3.3-2.3/G7 Is there a designated *systems engineering* manager or *team leader* responsible for the management system design on the *program*?
- 3.3-2.4 Are *systems engineering* personnel assigned to perform system design, prepare documentation, and initiate design?
- 3.3-2.5 Is there a *mechanism* to assure compliance with the architecture *guidelines* and rules during design and implementation?
- 3.3-2.6 Are a planned sequence of tasks performed to transform *system requirements* into a *functional baseline*?
- 3.3-2.7 Are *system requirements* and *functions* allocated to hardware, software, and other *system components*? **T3.3-A-L2**
- 3.3-2.8 Are key system components *traceable to the requirements baseline*?
- 3.3-2.9 Are a planned sequence of tasks performed to *synthesize* a physical product?
- 3.3-2.10 Are *trade studies* performed to select between candidate design alternatives when required? **T3.3-B-L2**
- 3.3-2.11/G8 Is the adequacy of resources (e.g., funding, staff, *tools*, etc.) provided to accomplish system design activities assessed?
- 3.3-2.12 Does the *system design team* consist of personnel with appropriate engineering skills?
- 3.3-2.13/G9 When skills are inadequate, is training provided to systems engineering personnel involved with system design?
- 3.3-2.14 Does the *system design team* identify and resolve design issues? **T3.3-C-L2**
- 3.3-2.15 Does the *system design team* design and control all system interfaces? If not, does the *system design team* coordinate system design with other system integration teams that are responsible for interfaces not under control of the *system design team*?
- 3.3-2.16 Is there a designated individual or team responsible for establishing, maintaining, and monitoring the *system architecture*?

- 3.3-2.17 Is there a designated individual or team responsible for enforcing the *baseline system architecture* during design and development?
- 3.3-2.18 Are appropriate *tools* available to conduct system design activities?
- 3.3-2.19 Are design issues addressed in *formal* and *informal reviews*? **T3.3-D-L2**
- 3.3-2.20/G10 Is system design accomplished on the *program* in a *structured manner*?
- 3.3-2.21/G11 Is data collected for monitoring system design activities?
- 3.3-2.22/G12 Are corrective actions initiated when system design activities deviate significantly from the *plan*?
- 3.3-2.23/G13 Are the products / results of the system design activities at least of adequate *value* to the *program*?
- 3.3-2.24/G14 Are system design activities at least of adequate *effectiveness*?

3.3-3 Defined

- 3.3-3.1/G15 Are system design activities planned, approved, and established according to a *formal procedure*?
- 3.3-3.2 Are *exit criteria* for system design established at the beginning of the *program*?
- 3.3-3.3 Is there a *mechanism* for modifying the system design plan if conditions warrant?
- 3.3-3.4 Are *system component* design inspections conducted?
- 3.3-3.5 Are *system component* implementation inspections conducted?
- 3.3-3.6 Are internal design review *standards* applied? **T3.3-D-L3a**
- 3.3-3.7 Are the design process errors analyzed during product design and test to determine the distribution and characteristics of the errors found?
- 3.3-3.8 Are system design reviews conducted internally? **T3.3-D-L3b**
- 3.3-3.9 Are all elements (i.e. *configuration items*) of the system design *traceable* to the requirements baseline? **T3.3-A-L3a**
- 3.3-3.10 Are non-traceable elements of the system design justified or resolved? **T3.3-A-L3b**
- 3.3-3.11 Is there a *mechanism* to design *system components* for reuse by other *programs*?
- 3.3-3.12 Is a *process* used for determining if the prototyping of system functions is an appropriate part of the design *process*?
- 3.3-3.13 Is there a *mechanism* to identify opportunities for *trade studies* throughout system development? **T3.3-B-L3**
- 3.3-3.14 Is the analysis and resolution of system design issues reviewed for adequacy and completeness? **T3.3-C-L3**
- 3.3-3.15/G16 Are *metrics* for assessing the effectiveness of system design activities developed according to a *formal procedure*?
- 3.3-3.16/G17 Are peer/defect reviews conducted to assess and improve system design activities and products?
- 3.3-3.17/G18 Are system design *processes* *standardized* across the *organization*?
- 3.3-3.18/G19 Are *guidelines* provided to allow the *program* to *tailor* the *standard* system design *process* for its specific needs?
- 3.3-3.19/G20 Are the products / results of the system design activities at least of significant *value* to the *program*?
- 3.3-3.20/G21 Are system design activities at least of significant *effectiveness*?

9.1.11 KFA 3.4 Integrated Engineering Analysis

3.4-1	Performed
3.4-1.1/G1	Is the integration of engineering analysis being accomplished in at least an informal manner?
3.4-1.2/G2	Are integrated engineering analysis activities planned for the <i>program</i> ?
3.4-1.3	Are both traditional and speciality engineering disciplines involved in analysis activities as needed? T3.4-A-L1
3.4-1.4	Do <i>trade studies</i> clearly produce a recommended alternative? T3.4-I-L1
3.4-1.5/G3	Are the products / results of the integrated engineering analysis activities at least of marginal <i>value</i> to the <i>program</i> ?
3.4-1.6/G4	Are integrated engineering analysis activities at least of marginal <i>effectiveness</i> ?
3.4-2	Managed
3.4-2.1/G5	Does the <i>program</i> follow a written organizational <i>policy</i> (may be part of a broad-based <i>policy</i>) requiring integrated engineering analysis activities?
3.4-2.2/G6	Is there an approved <i>plan</i> (may be part of a larger technical plan) for for the <i>program</i> that identifies integrated engineering analysis activities?
3.4-2.3/G7	Has the responsibility for coordinating integrated engineering analysis activities been assigned?
3.4-2.4	Are <i>processes</i> for assembling the right mix of technical disciplines established? T3.4-A-L2
3.4-2.5	Are sufficient personnel in each discipline available to vary the composition of multi-discipline teams? T3.4-B-L2
3.4-2.6/G8	Is the adequacy of resources (e.g. funding, staff, tools, etc.) provided for integrated engineering analysis activities assessed?
3.4-2.7	Do the integrated engineering analysis teams consist of personnel with the relevant engineering/technical skills?
3.4-2.8/G9	When analytical skills are inadequate, is training provided?
3.4-2.9	Are integrated engineering analysis teams assembled regularly to address design and development questions? T3.4-C-L2
3.4-2.10	Are requirements and objectives for trades studies established?
3.4-2.11	Are alternatives for consideration clearly established? T3.4-D-L2
3.4-2.12	Are objective selection criteria formulated? T3.4-E-L2
3.4-2.13	Are weightings established for selection criteria?
3.4-2.14	Are significant alternative <i>requirements</i> , functions, and design solutions selected by means of <i>trade studies</i> on the <i>program</i> ?
3.4-2.15	In addition to technical matters, do <i>trade studies</i> consider cost, and schedule? T3.4-F-L2
3.4-2.16	Are results of <i>trade studies</i> documented? T3.4-G-L2
3.4-2.17	Are <i>tools</i> and <i>metrics</i> defined to support activities requiring integrated engineering analysis? T3.4-H-L2
3.4-2.18/G10	Is integrated engineering analysis performed on the <i>program</i> in a <i>structured manner</i> ?
3.4-2.19/G11	Is <i>data</i> collected for monitoring integrated engineering analysis activities?
3.4-2.20/G12	Are corrective actions initiated when integrated engineering analysis activities deviate significantly from the <i>plan</i> ?
3.4-2.21/G13	Are the products / results of the integrated engineering analysis activities at least of adequate <i>value</i> to the <i>program</i> ?
3.4-2.22/G14	Are integrated engineering analysis activities at least of adequate <i>effectiveness</i> ?

3.4-3 Defined

- 3.4-3.1/G15 Are integrated engineering analysis activities planned, approved, and established according to a *formal procedure*?
- 3.4-3.2 Is an *environment* established that promotes the integrated development of products and their related *processes*?
- 3.4-3.3 Is a *mechanism* used for ensuring *traceability* between the *system requirements* and lower level *specification requirements*?
- 3.4-3.4 Is a *mechanism* used for ensuring *traceability* between the *system requirements* and the top level designs?
- 3.4-3.5 Is *traceability* maintained between the *trades studies* conducted and the impacted *requirements, functions, and design features*?
- 3.4-3.6 Are groups responsible for integrated engineering analysis regularly assembled to surface and resolve design and development problems? **T3.4-C-L3**
- 3.4-3.7 Are the participants in integrated engineering analysis activities varied with respect to where the *program* is in the development *life cycle*? **T3.4-B-L3**
- 3.4-3.8 Are the efforts of engineering analysis teams coordinated to identify and communicate problems to be solved?
- 3.4-3.9 Are the efforts of multi-discipline engineering/technical teams coordinated to identify viable alternative solutions? **T3.4-A-L3**
- 3.4-3.10 Does the formulation of selection criteria include both objective and subjective criteria? **T3.4-E-L3**
- 3.4-3.11 Is the number of alternative candidates for consideration expanded, as necessary, to reflect the widest possible range of distinctly different solutions in order to achieve the overall goal of optimized system design? **T3.4-D-L3**
- 3.4-3.12 Are alternative candidates screened for their ability to solve the stated problem in order to ensure that analysis effort is not wasted on non-productive solutions?
- 3.4-3.13 Is a *mechanism* established to identify risks for each candidate solution? **T3.4-F-L3**
- 3.4-3.14 Is more than one decision method considered for the evaluation of critical *program* problems?
- 3.4-3.15 Is a sensitivity analysis performed to provide confidence in the selection of an alternative? **T3.4-I-L3a**
- 3.4-3.16 Is the selected alternative verified to meet all engineering and technical requirements? **T3.4-I-L3b**
- 3.4-3.17 Are the results of integrated engineering analysis and associated decision rationale documented and communicated to all affected groups? **T3.4-G-L3a**
- 3.4-3.18 Does *trade studies* documentation include objectives, candidates considered/rejected, method of evaluation, selection criteria, success criteria, sensitivity analysis, selected alternative, and degree of confidence? **T3.4-G-L3b**
- 3.4-3.19 Are *exit criteria* used to determine when *requirements analysis, design, integration, and verification* are complete for each *system component*?
- 3.4-3.20 Are a common set of *metrics* available for integrated engineering analysis? **T3.4-H-L3**
- 3.4-3.21/G16 Are *metrics* collected for assessing the effectiveness of integrated engineering analysis activities?
- 3.4-3.22/G17 Are peer/defect reviews conducted to assess and improve integrated engineering analysis activities and products?
- 3.4-3.23/G18 Are integrated engineering analysis *processes standardized* across the *organization*?

- 3.4-3.24/G19 Are *guidelines* provided to allow the *program* to *tailor* the *standard* integrated engineering analysis *process* for its specific needs?
- 3.4-3.25/G20 Are the products / results of the integrated engineering analysis activities at least of significant *value* to the *program*?
- 3.4-3.26/G21 Are integrated engineering analysis activities at least of significant *effectiveness*?

9.1.12 KFA 3.5 System Integration

- 3.5-1 Performed**
- 3.5-1.1/G1 Is *system integration* being accomplished in at least an informal manner?
- 3.5-1.2 Is incremental *system integration* being accomplished in at least an informal manner?
- T3.5-A-L1**
- 3.5-1.3/G2 Are *system integration* activities planned for the *program*?
- 3.5-1.4/G3 Are the products / results of the *system integration* activities at least of marginal *value* to the *program*?
- 3.5-1.5/G4 Are *system integration* activities at least of marginal *effectiveness*?
- 3.5-2 Managed**
- 3.5-2.1/G5 Does the *program* follow a written organizational *policy* (may be part of a broad-based *policy*) for implementing *system integration*?
- 3.5-2.2 Does the *policy* require planning of *system integration* and interface control?
- T3.5-A-L2a**
- 3.5-2.3/G6 Is there an approved *plan* (may be part of a larger technical management plan) for the *program* to perform *system integration*?
- 3.5-2.4 Does the approved *system integration plan* identify interfaces between affected *subsystems* and require management of their design, documentation, and change control? **T3.5-B-L2**
- 3.5-2.5/G7 Is there a designated *systems engineering* manager or *team leader* responsible for interface management on the *program*?
- 3.5-2.6 Are *systems engineering* personnel assigned to perform interface design, documentation, and initiate design modifications?
- 3.5-2.7 Are *systems integration* personnel, who have experience in incremental *integration* and rapid prototyping, assigned to the *program*?
- 3.5-2.8/G8 Is adequacy of resources (e.g., funding, staff, *tools*, etc.) provided to conduct *system integration* activities assessed (independently from the adequacy of resources provided for system design activities)?
- 3.5-2.9 Are appropriate *tools* available to conduct interface definition and design?
- 3.5-2.10 Are interface control documents placed under inter-organizational configuration control? **T3.5-D-L2**
- 3.5-2.11 Are interface issues addressed in design reviews? **T3.5-C-L2**
- 3.5-2.12 Are personnel skills adequate to perform *system integration*?
- 3.5-2.13/G9 When skills are inadequate, is training provided to *systems engineering* personnel involved in *system integration*?
- 3.5-2.14 When *system integration* involves multiple internal and external organizations, do the assigned *systems engineers* have the necessary people skills to be effective in working together in a diverse group to achieve an interface design that is optimal for the *program*?

- 3.5-2.15 When multiple companies are involved, are clear roles and responsibilities established for interface management? **T3.5-D-L2**
- 3.5-2.16/G10 Is *system integration* accomplished on the *program* in a *structured manner*?
- 3.5-2.17 Is incremental *system integration* accomplished on the *program* in a *structured manner*? **T3.5-A-L2b**
- 3.5-2.18/G11 Is *data* collected for monitoring *system integration* activities?
- 3.5-2.19/G12 Are corrective actions initiated when *system integration* activities deviate significantly from the *plan*?
- 3.5-2.20/G13 Are the products / results of the *system integration* activities at least of adequate *value* to the *program*?
- 3.5-2.21/G14 Are *system integration* activities at least of adequate *effectiveness*?
- 3.5-3 Defined**
- 3.5-3.1/G15 Is the *system integration* plan developed and approved according to a *formal procedure*?
- 3.5-3.2 Does the *system integration plan* employ an incremental *integration* approach? **T3.5-A-L3**
- 3.5-3.3 Are all interfaces identified and managed? **T3.5-B-L3a**
- 3.5-3.4 Are interface designs documented in a common interface control document format or database?
- 3.5-3.5 Is interface design rationale captured in a formal report or database?
- 3.5-3.6 Is inter-organizational *configuration management* of the interface control document(s) accomplished? **T3.5-D-L3**
- 3.5-3.7 Are *system integration* issues included as an integral part of all *formal, system level design reviews*? **T3.5-C-L3a**
- 3.5-3.8 Are *system integration* issues assessed for their impact on the *program*? **T3.5-C-L3b**
- 3.5-3.9 Are system trouble reports resulting from *integration* activities, tracked to closure? **T3.5-C-L3c**
- 3.5-3.10 Is an interface control working group established that includes personnel from affected *subsystems*? **T3.5-B-L3b**
- 3.5-3.11 Are decisions of the interface control working group documented and communicated to all interested parties?
- 3.5-3.12/G16 Are *metrics* collected for the assessing the effectiveness of *system integration* activities?
- 3.5-3.13 When multiple companies are involved in *system integration*, do they follow a *formal procedure* for conducting their *integration* activities? **T3.5-D-L3**
- 3.5-3.14/G17 Are peer/defect reviews conducted to assess and improve system integration activities and products?
- 3.5-3.15/G18 Are *system integration processes* standardized across the *organization*?
- 3.5-3.16/G19 Are guidelines provided to allow the *program* to tailor the standard *system integration process* for its specific needs?
- 3.5-3.17/G20 Are the products / results of the *system integration* activities at least of significant *value* to the *program*?
- 3.5-3.18/G21 Are *system integration* activities at least of significant *effectiveness*?

9.1.13 KFA 3.6 System Verification

3.6-1	Performed
3.6-1.1/G1	Is <i>system verification</i> accomplished in at least an informal manner?
3.6-1.2	Is component and <i>subsystem verification</i> conducted in some fashion on the <i>program</i> to reduce the <i>risk</i> of failing <i>system verification</i> ? T3.6-A-L1
3.6-1.3/G2	Are <i>system verification</i> activities planned for the <i>program</i> ?
3.6-1.4/G3	Are the products / results of the <i>system verification</i> activities at least of marginal <i>value</i> to the <i>program</i> ?
3.6-1.5/G4	Are <i>system verification</i> activities at least of marginal <i>effectiveness</i> ?
3.6-2	Managed
3.6-2.1/G5	Is there a written organizational <i>policy</i> (may be part of a broad-based <i>policy</i>) requiring management of <i>system verification</i> activities?
3.6-2.2	Does the organizational <i>policy</i> require activities in the early stages of the <i>life cycle</i> to mitigate the potential <i>risk</i> of not successfully passing <i>system verification</i> ?
3.6-2.3	Does the <i>policy</i> require the development of a <i>system verification plan</i> ? T3.6-B-L2
3.6-2.4/G6	Is there an approved <i>system verification plan</i> (may be part of a larger technical management plan) for the <i>program</i> ?
3.6-2.5/G7	Is there a designated <i>systems engineering</i> manager or <i>team leader</i> responsible for coordinating <i>verification</i> activities on the <i>program</i> ?
3.6-2.6	Are systems engineering personnel assigned to perform <i>verification</i> activities for the <i>verification plan</i> ?
3.6-2.7	Is funding provided to conduct <i>system verification</i> activities independent of the design and <i>integration</i> activities?
3.6-2.8/G8	Is the adequacy of resources (e.g., funding, staff, tools, etc.) provided for performing <i>system verification</i> activities assessed?
3.6-2.9	Is the composition or focus of the <i>verification</i> team sufficiently different than the composition of the design and analysis team?
3.6-2.10	Are new and/or unproven designs (i.e. highest <i>risk</i>) tested at the lowest assembly level to <i>verify</i> their compliance to established <i>requirements</i> early in the development <i>life cycle</i> ? T3.6-A-L2
3.6-2.11	Are <i>verification</i> results documented? T3.6-C-L2a
3.6-2.12	Are appropriate <i>tools</i> available to support <i>system verification</i> activities?
3.6-2.13	Are <i>verification</i> issues (e.g., design deficiencies, interface problems) addressed in <i>formal and/or informal design reviews</i> ? T3.6-D-L2
3.6-2.14	Are technical skills adequate to perform the required <i>system verification</i> activities?
3.6-2.15/G9	When skills are inadequate, is training provided to system engineering personnel involved in <i>system verification</i> ?
3.6-2.16	Are developmental <i>verification</i> activities conducted in a <i>structured manner</i> to reduce the risk of not passing <i>system verification</i> ?
3.6-2.17	Are the results of developmental <i>verification</i> used in a <i>structured manner</i> to support tracking and oversight of <i>technical performance parameters</i> ? T3.6-C-L2b
3.6-2.18/G10	Is <i>system verification</i> accomplished on the <i>program</i> in a <i>structured manner</i> ?
3.6-2.19/G11	Is <i>data</i> collected for monitoring <i>system verification</i> activities?
3.6-2.20/G12	Are corrective actions initiated when <i>system verification</i> activities deviate significantly from the <i>plan</i> ?
3.6-2.21/G13	Are the products / results of the <i>system verification</i> activities at least of adequate <i>value</i> to the <i>program</i> ?

3.6-2.22/G14 Are *system verification* activities at least of adequate *effectiveness*?

3.6-3 Defined

- 3.6-3.1/G15 Are *system verification* activities planned, approved and established according to a *formal procedure*?
- 3.6-3.2 Is the *system verification plan* under configuration control? **T3.6-B-L3**
- 3.6-3.3 Are *verification* activities included in the early design stages of the *standard systems engineering process* to reduce *risk* of failing *system verification*? **T3.6-A-L3**
- 3.6-3.4 Are *standards* applied to the preparation of *verification* documentation? **T3.6-C-L3a**
- 3.6-3.5 Are developmental *verification* results used to support tracking and oversight of *technical performance parameters*? **T3.6-C-L3b**
- 3.6-3.6 As *requirement* changes occur during system development, is there a *mechanism* to assure that regression analysis and re-*verification* are performed? **T3.6-D-L3a**
- 3.6-3.7 Are *system verification* issues (e.g., design deficiencies, interface problems) included as an integral part of all *formal, system level design reviews*? **T3.6-D-L3b**
- 3.6-3.8 Is there a *mechanism* to ensure that *system verification* issues (e.g., design deficiencies, interface problems) are assessed for their impact on the program?
T3.6-D-L3c
- 3.6-3.9 Are system verification issues (e.g., design deficiencies, interface problems) documented and communicated to all interested parties?
- 3.6-3.10 Are system verification issues factored into risk analysis?
- 3.6-3.11/G16 Are metrics collected for assessing the effectiveness of system verification activities?
- 3.6-3.12 Are metrics collected for assessing the effectiveness of developmental verification activities?
- 3.6-3.13/G17 Are peer/defect reviews conducted to assess and improve system verification activities and products?
- 3.6-3.14/G18 Are system verification processes standardized across the organization?
- 3.6-3.15/G19 Are guidelines provided to allow the program to tailor the standard system verification process for its specific needs?
- 3.6-3.16/G20 Are the products / results of the system verification activities at least of significant value to the program?
- 3.6-3.17/G21 Are system verification activities at least of significant effectiveness?

9.1.14 KFA 3.7 System Validation

3.7-1 Performed

- 3.7-1.1/G1 Is system validation accomplished in at least an informal manner?
- 3.7-1.2 Is early validation conducted in some fashion on the program to reduce the risk of failing system validation? **T3.7-A-L1**
- 3.7-1.3/G2 Are system validation activities planned for the program?
- 3.7-1.4/G3 Are the products / results of the system validation activities at least of marginal value to the program?
- 3.7-1.5/G4 Are system validation activities at least of marginal effectiveness?

3.7-2 Managed

- 3.7-2.1/G5 Is there a written organizational policy (may be part of a broad-based policy) requiring management of system validation activities?

- 3.7-2.2 Does the organizational policy require activities in the early stages of the life cycle to identify aspects of the system which pose a validation risk and to initiate appropriate early validation activities to mitigate the potential risk?
- 3.7-2.3 Does the policy require the development of a system validation plan? **T3.7-B-L1**
- 3.7-2.4/G6 Is there an approved system validation plan (may be part of a larger technical management plan) on the program to evaluate related subsystems for their contribution to intended system operation?
- 3.7-2.5/G7 Is there a designated systems engineering manager or team leader responsible for coordinating validation activities on the program?
- 3.7-2.6 Are systems engineering personnel assigned to perform validation activities per the validation plan?
- 3.7-2.7 Is funding provided to conduct system validation activities independent of the design, integration, and verification activities?
- 3.7-2.8 Is funding provided to conduct early validation activities necessary to assure that the requirements if implemented will result in a system that meets the intended need?
- 3.7-2.9/G8 Is the adequacy of resources (e.g., funding, staff, tools, etc.) provided for performing system validation activities assessed?
- 3.7-2.10 Are appropriate tools available to support system validation activities (e.g. rapid prototyping, simulation, decision making, etc.)?
- 3.7-2.11 Is the resolution of validation issues coordinated among affected projects within the program? **T3.7-C-L2**
- 3.7-2.12 Are technical skills adequate to perform the required system validation activities?
- 3.7-2.13/G9 When skills are inadequate, is training provided to systems engineering personnel involved in system validation?
- 3.7-2.14 Are early validation activities conducted in a structured manner to reduce the risk of not specifying valid requirements? **T3.7-A-L2**
- 3.7-2.15 Are the results of early validation used in a structured manner to support tracking and oversight of technical performance parameters? **T3.7-D-L2**
- 3.7-2.16/G10 Is system validation accomplished on the program in a structured manner?
- 3.7-2.17/G11 Is data collected for monitoring system validation activities?
- 3.7-2.18/G12 Are corrective actions initiated when system validation activities deviate significantly from the plan?
- 3.7-2.19/G13 Are the products / results of the system validation activities at least of adequate value to the program?
- 3.7-2.20/G14 Are system validation activities at least of adequate effectiveness?
- 3.7-3 Defined**
- 3.7-3.1/G15 Are system validation activities planned, approved and established according to a formal procedure?
- 3.7-3.2 Is the system validation plan under configuration control? **T3.7-B-L2**
- 3.7-3.3 Are early validation activities included as part of concept definition to reduce risk of specifying invalid requirements? **T3.7-A-L3**
- 3.7-3.4 Are early validation results used in accordance with a formal procedure to support tracking and oversight of technical performance parameters? **T3.7-D-L3**
- 3.7-3.5 Are system validation issues (e.g., unanticipated or unintended functions or behavior) included as an integral part of all formal, system level design reviews? **T3.7-C-L3**

- 3.7-3.6 Are system validation issues (e.g., unanticipated or unintended functions or behavior) assessed for their impact on the program?
- 3.7-3.7 Are system validation issues (e.g., unanticipated or unintended functions or behavior) documented and communicated to all interested parties?
- 3.7-3.8 Are system validation issues factored into risk analysis?
- 3.7-3.9/G16 Are metrics collected for assessing the effectiveness of system validation activities?
- 3.7-3.10 Are metrics collected for assessing the effectiveness of early validation activities?
- 3.7-3.11/G17 Are peer/defect reviews conducted to assess and improve system validation activities and products?
- 3.7-3.12/G18 Are system validation processes standardized across the organization?
- 3.7-3.13/G19 Are guidelines provided to allow the program to tailor the standard system validation process for its specific needs?
- 3.7-3.14/G20 Are the products / results of the system validation activities at least of significant value to the program?
- 3.7-3.15/G21 Are system validation activities at least of significant effectiveness?

9.2 **Bijlage 2: SECAM KFA informatie**

9.2.1 **KFA 1.1 Planning**

Systems planning involves the identification of needs and constraints at the program level. The results of planning may be classified in terms of technical requirements and program requirements. These requirements define the technical and program structure required to bring a system into being. Planning includes: program requirements definition; identification, integration and scheduling of all engineering functions and tasks; work breakdown structure development; organizational structure definition (as related to the program); and descriptions of or references to key policies and procedures. System planning is documented in a technical management plan which sometimes references other planning documents. In both an integrated systems environment and integrated product and process development (IPPD) environment, this plan is sometimes referred to as a systems engineering management plan (SEMP).

The technical management plan relates the technical requirements to program requirements, providing the structure to guide and control the integration of engineering activities needed to achieve the systems engineering objectives consistent with a top-level management plan for the program. The technical management plan addresses planning for three basic areas of technical management:

- technical program planning & control;
- systems engineering process;
- engineering specialty integration.

The technical management plan provides the management planning structure necessary to transform the technical and management requirements for the system into an operational system.

An event-driven plan is generated for the program that lays out the core technical portion of the program, process descriptions, and significant events. The event-driven plan documents the significant accomplishments necessary to complete the program's efforts and ties each accomplishment to a key program event. This event driven plan is included (sometimes by reference) as part of the technical management plan. Each significant event may be thought of as a function with defined tasks to be accomplished. Entrance criteria are defined to start the event (function) and accomplishment (exit) criteria are established to determine the completion of the event (function). In an integrated systems environment, this event-driven plan is sometimes referred to as a Systems Engineering Master Schedule (SEMS). In an IPPD environment, this event-driven plan would be the technical portion of the integrated master plan (IMP) -- the SEMS, if developed separate from the IMP, is usually incorporated as a part of the IMP.

A calendar-based plan is generated for significant events and activities within the program and included (sometimes by reference) as part of the technical management plan. In non-complex programs, this calendarbased plan may be a Gantt chart only. In complex programs, the calendar-based plan may be both a Gantt chart and a network chart that relates dependencies among tasks and events and permits the determination of a critical path. In an integrated systems environment, this calendar-based plan is sometimes referred to as a Systems Engineering Detailed Schedule (SEDS). In an IPPD environment, this calendar-based plan would be the technical portion of the integrated master schedule (IMS).

General Characteristics

- Characteristic 1** **Technical activities, work products, and scheduling are documented in a technical management plan.**
- Characteristic 2** **A work breakdown structure is established that identifies logical units of work to be managed at the program level.**
- Characteristic 3** **The technical program elements are integrated in a top-down, life-cycle, low-risk approach which is effective and efficient.**
- Characteristic 4** **The management approach supports technical objectives and technical objectives are specified in a realistic manner, consistent with organization, cost, and scheduling constraints.**

9.2.2 KFA 1.2 Tracking and Oversight

Tracking and oversight involves performing the systems engineering management activities to guide, monitor, evaluate, and adjust the technical effort relative to program objectives, goals, and plans.

Tracking consists of the measurement of program functions and tasks identified in systems planning. Technical characteristics, program progress, and systems engineering process activities should be tracked. Oversight consists of development of meaningful metrics from measurement data, assessment of these tracking metrics, and the initiation of corrective action as required. Oversight actions resolve or mitigate issues which might threaten the effective achievement of technical program objectives. Generally, a measurement system is used to provide the information necessary to synthesize technical performance metrics (sometimes referred to as technical performance measures), planning and control metrics, and systems engineering process metrics. These metrics enable the measurement and control of management, technical, and process factors which support tracking and oversight.

Technical performance metrics are used to track key technical parameters throughout a development program. Planning and control metrics provide a periodic assessment of the health and status of the program throughout the life cycle. Systems engineering process metrics provide an indication of the quality and productivity of the systems engineering process as applied to a specific program.

General Characteristics

- Characteristic 1** **Metrics are established in accordance with the planning objectives.**
- Characteristic 2** **Management, technical, and process functions and tasks are monitored (i.e. tracked, assessed and corrected) against the planning objectives.**
- Characteristic 3** **Work products and performance are evaluated against the system engineering plan(s).**
- Characteristic 4** **Corrective actions consistent with the plans are taken when management, technical, and process problems and issues are identified.**

9.2.3 KFA 1.4 Inter-group Coordination

Inter-group coordination facilitates the effective communication and the resolution of issues among diverse engineering groups and others involved in system development. Such groups include customers, suppliers, producers, engineers of various disciplines and specialties and other stakeholders. Inter-group coordination involves the management of relationships, interfaces, communications, exchanges and reviews of technical information that are needed to effectively and efficiently accomplish technical / program objectives. Inter-group coordination provides the means for the interaction and integration of technical disciplines and fosters active participation among them in an effective and efficient manner.

The program should assign teams to specific work packages as identified by a work breakdown structure. Each team is responsible for the planning, developing, and satisfying the requirements associated with its work package(s). Within the Department of Defense, the use of multi-disciplinary teams, designated Integrated Product Teams (IPTs), has been mandated as a core feature of the integrated product and process development (IPPD) approach to reduce costs and to field products sooner.

In addition to multi-disciplinary teams a concurrent engineering environment must be established. Concurrent engineering is a systematic approach to the integrated, concurrent design of products and their related processes. Concurrent engineering integrates product and process requirements, organizes a program for efficiency and effectiveness, balances the program's communication infrastructure, and integrates the systems documentation infrastructure. Marketing, engineering, manufacturing, and field support must work together to consider all elements of the product life-cycle from conception through disposal to define acceptable system solutions.

Effective inter-group coordination must involve meetings and information exchanges to review technical progress and to identify and address important issues. Inter-group interfaces that communicate technical details must be planned and managed relative to the quality and integrity of the overall system for both the product and program. These pre-planned inter-group coordination interfaces are furthermore generally incorporated into the overall systems engineering process.

This precise delineation of inter-group activities ensures the compatibility of the interfaces and facilitates timely performance of horizontal and vertical communications during the conduct of systems engineering activities.

General Characteristics

- Characteristic 1 Inter-group coordination activities are planned.**
- Characteristic 2 Interfaces (i.e. lines of communication) between groups are defined and managed.**
- Characteristic 3 Technical and project issues are identified and resolved among affected groups.**
- Characteristic 4 All stakeholders have the project and technical information they need, when they need it.**

9.2.4 KFA 1.5 Configuration Management

Configuration management involves the planning, configuration identification, change control, status accounting, and auditing of the product elements which consist of requirements, interfaces, and design representations of the products being provided to meet the stated program objectives.

Configuration management planning is the process of developing, coordinating, and documenting the configuration management products and activities for identification, configuration control, status accounting, and audits of configuration items.

Configuration identification involves the selection of documents which identify and describe the baseline configuration characteristics of an item during its life cycle.

Configuration control is important for keeping form, fit and function, controlling interfaces, controlling design characteristics, assessing change impacts, and maintaining records of changes. It provides for the control of baseline configuration item changes which are required to correct problems which have been identified within the context of meeting the technical and program requirements.

Configuration status accounting provides the recording and reporting of change information to the baseline configuration items. It is the management information system which provides the traceability of configuration identification and changes thereto, and facilitates the effective implementation of approved changes.

Configuration auditing involves the checking of an item for compliance with its configuration identification. Configuration audits provide for validating that the developed item fulfills its technical requirements, and that the product configuration is identified by comparing the configuration item with its technical documentation.

General Characteristics

- Characteristic 1 Configuration management products and activities are planned.**
- Characteristic 2 Configuration work products are identified, controlled, and available.**
- Characteristic 3 Configuration changes are controlled and evaluated consistent with the technical and program requirements.**
- Characteristic 4 The status and contents of the configuration work products are communicated.**

9.2.5 KFA 1.7 Risk Management

Risk management is both a program and technical management process that considers risks affecting the technical, cost, and schedule aspects of a program in an uncertain environment. Risk management involves three related activities: risk identification, risk analysis, and risk mitigation (some-times called risk handling). Risk identification is the continuous process of identifying all areas of potential risk on a program. The thoroughness with which risk identification is done is a key factor in the effectiveness of risk management; if risks are not identified then analysis and appropriate corrective action cannot be taken. Risk analysis is the process of quantifying each specific risk; determining the probability of its occurrence; and the impact on the program associated with its

occurrence; and developing and analyzing alternative options, backed up by specific recommendations for action. Risk mitigation is the process of avoiding, reducing and controlling, or deliberately accepting risk on the program.

Risk management provides a means of addressing issues which have the potential for causing a specified technical, schedule, or cost requirement on the program to not be satisfied. Risk management should not be viewed as a separate program office function, but rather as an integral part of sound systems engineering management of the technical effort.

The effectiveness of the program risk management effort will be based upon the breadth of experience depth of system expertise, interface and integration experience, and creativity of the assigned risk manager, program team, and the participants from the line organizations. This will be further influenced by the scope of the charter provided by the program manager.

General Characteristics

- Characteristic 1 Risk management is planned.**
- Characteristic 2 Risks are identified and analyzed.**
- Characteristic 3 Actions are taken to deliberately mitigate technical, cost and schedule risks.**
- Characteristic 4 Risks and mitigation actions are monitored.**
- Characteristic 5 Risk status and risk mitigation efforts are communicated and coordinated across affected groups.**

9.2.6 KFA 2.1 Process Management and Improvement

Process management involves those activities needed to establish and maintain processes required to accomplish systems engineering. Process management and improvement involves establishing process related criteria and improvement criteria for systems engineering activities independent of any particular program. These criteria take the form of company policies and standards for the performance of systems engineering processes. Process management establishes engineering and quality standards and guidelines for systems engineering and for the tracking and improvement of the systems engineering process.

General Characteristics

- Characteristic 1 Process management and improvement activities are planned.**
- Characteristic 2 An organization wide family of standard systems engineering processes is established.**
- Characteristic 3 Guidelines are established for tailoring the organization's standard systems engineering processes into a program specific systems engineering process.**
- Characteristic 4 An organization-wide repository for systems engineering process related information is established and maintained.**
- Characteristic 5 Information from project and organizational sources is used to continuously improve the organization's standard systems engineering processes and to integrate processes which interact with one another.**

9.2.7 KFA 2.4 Environment and Tool Support

The environment and tool support key focus area addresses the technology support for the execution of a common systems engineering process. This activity includes managing the efficiency and effectiveness of the existing environment and tools, forecasting, planning and acquiring new tools, and tailoring the existing environment and tools for each program's needs. Responsibility for supporting the environment and its tools must be defined. Adequate resources must also be made available to support these activities. The environment and tools should be changed or upgraded according to a documented plan based upon the organization's goals and program requirements.

The environment in this context is the underlying computing and communications support for the tool set as well as the means of integrating individual tools to provide interoperability. Systems engineering tools span all KFAs. Tools may be categorized into the domains of 1) requirements management, 2) requirements analysis, 3) modeling and simulation, 4) change management, and 5) verification. Requirements management tools are used to establish and maintain the relationships between technical aspects of the program (i.e. requirements, functions, architecture, components, verification methods, etc.) and the management aspects of the program (work tasks, resources, organization structure, facilities, etc.). Technology is an enabling driver for the environment and tools. As environment and tool technologies improve, more sophisticated processes and methods can be realized thereby improving the capability to perform work more efficiently.

General Characteristics

- Characteristic 1 Environment and tool support activities are planned.**
- Characteristic 2 Engineers are provided with an environment and a set of tools which support an established systems engineering process.**
- Characteristic 3 The environment and tools can be tailored to a program's needs.**
- Characteristic 4 Improvements to the environment and tools are implemented in a controlled manner.**

9.2.8 KFA 3.1 System Concept Definition

System concept definition sets the stage for the system life-cycle development activities. System concept definition results in a top-level description of the system based upon identification of the customer and/or user expectations and operational needs, technological limitations, cost-drivers, risks, and justification. Customer needs, objectives and requirements are analyzed in relation to customer mission/operations, operational environments, and desired system characteristics. System concept definition includes the following activities:

- determining customer/user needs and transforming those needs and developing a customer/user requirements baseline;
- transform customer/user requirements baseline into system requirements, which as a set, will satisfy the user needs within the bounds of an agreed upon budget or overall life cycle cost;
- performing operations (or mission) analysis on the system requirements to understand the required behavior of the system;
- derive alternative system concepts which unify system feature, function, performance, and price (or life cycle cost of ownership);

- articulating the alternative concepts sufficiently for selection of a preferred concept that is verified through formal concept review;
- establishing a system concept baseline.

At each step during system concept definition, alternative requirements, functions, and top-level physical/software architectural solutions are proposed. The system requirements are defined, analyzed, and synthesized only to a level of understanding that allows logical selection of the best of the alternatives which will yield an optimal conceptual system that can be completely developed in successive stages.

General Characteristics

- Characteristic 1 System concept definition activities are planned.**
- Characteristic 2 Customer/user needs are negotiated and captured in the form of a user requirements baseline.**
- Characteristic 3 The technical, schedule, and economic feasibility of the system concept is established and the rationale is documented.**
- Characteristic 4 A preliminary system level requirements and functional baseline are established and traceable to customer/user requirements.**
- Characteristic 5 A conceptual top-level physical/software architecture is established and traceable to both the concept baseline and the customer/user requirements baseline and the rationale is documented.**

9.2.9 KFA 3.2 Requirements & Functional Analysis

Requirements and functional analysis are the life-cycle development activities associated with the iterative identification and refinement to successively lower levels of the top-level requirements and functional baselines established for the preferred system concept selected in System Concept Definition. These activities establish a layered approach that defines the necessary and sufficient attributes of the lower-level system components required for its successful development, production, deployment, operation, and disposal. Requirements and functional analysis re-examines the outputs of System Concept Definition to develop a complete set of system requirements (explicit, derived, and implicit) and a functional architecture. During these activities, the potential constraints imposed by follow-on synthesis (System Design) are also considered.

During System Concept Definition, the customer/user requirements baseline served as the criteria for the selection of a preferred system concept from among competing alternative system concepts, using trade studies as a means of selection. As the preferred system concept is refined during Requirements and Functional Analysis, the customer/user requirements baseline is re-examined with each successive, lower-level development of requirements and functional architecture. This is done to ensure that customer/user expectations are realized and to resolve any customer/user requirements that cannot be met. The focus in Requirements and Functional Analysis is on completely defining the technical problem for the preferred system concept. Where alternative requirements are possible, trade studies are used to select the preferred set of requirements with respect to cost, schedule, and performance. Similarly, trade studies are used to select the preferred functional architecture from competing alternatives to satisfy successively lower levels of system requirements; considerations of System Design aid in selecting the feasible solution from among functional architecture alternatives.

In this manner, a complete requirements baseline and functional architecture are established that cover an operational and functional view of requirements. This can be related to a physical view of requirements as addressed in System Design. Additionally, a complete assessment of project risk with mitigation options are developed. This is addressed by the Risk Management KFA.

The major tasks of Requirements and Functional Analysis are:

- Requirements analysis to successively lower levels. A structured or organized method to determine functional and performance requirements to successively lower levels based upon the customer/user requirements baseline. Prior requirements analyses are reviewed and updated. Functional requirements identified are used as top-level functions for functional analysis. It is conducted iteratively with functional analysis;
- Functional analysis to successively lower levels. A structured or organized method to define and integrate a functional architecture to successively lower levels based upon the developing lower level requirements baseline. All specified usage modes for the system are considered and a time line analysis is generated for time critical sequencing of functions. Prior requirements analyses are reviewed and updated. Input, output, and functional interfaces are defined. It is conducted iteratively with requirements analysis to ensure requirements are satisfied. It is also conducted iteratively with system design (synthesis) to define and refine feasible solution alternatives;
- Requirements management. The activity of maintaining traceability from the customer/user requirements baseline to the successively developed, lower level requirements that represent the system's capabilities;
- Requirements flowdown. The activity of decomposing and allocating system level requirements to successively lower level elements of the system;
- Functional flowdown. The activity of decomposing and allocating system level functions to successively lower level functions of the system to satisfy the requirements flowdown;
- Re-examination of mission and operational analysis. The activity of re-analyzing and documenting the customer/user's need, as the system develops through requirements and functional analysis activities, in terms of: (1) accomplishing the system's mission or purpose and (2) describing the system's intended operational characteristics.

General Characteristics

- | | |
|-------------------------|---|
| Characteristic 1 | Development of sub-system requirements and functional architecture is planned. |
| Characteristic 2 | The user/customer requirements baseline is examined to ensure that expectations are realized and to resolve requirements that cannot be met. |
| Characteristic 3 | A complete system requirements baseline (including subsystems) is established and traceable to the customer/user requirements baseline. |
| Characteristic 4 | A complete functional architecture is established and traceable to the system requirements baseline. |
| Characteristic 5 | Changes to requirements are controlled and communicated to affected groups. |

9.2.10 KFA 3.3 System Design

System design is the process of transforming system requirements into a functional baseline and synthesizing a system-level design solution (initial product baseline) for the original user-defined problem. The system design process uses the products of the functional analysis and synthesis tasks of system concept definition, but during this iteration the focus is on completeness. The functional baseline completely defines the system functions to the point that they are understood and can be allocated to subsystems. The initial product baseline completely accounts for all system requirements. All system requirements and all functions are allocated and traceable to one or more subsystems. Complete requirements for all subsystems are defined. System design activities performed within the systems engineering process include activities associated with the initial and detailed design stages of system life cycle development.

Initial design includes the process of performing system analysis (functional or object oriented as a system analysis methodology example), requirement allocation, the accomplishment of trade studies, optimization, system synthesis, and configuration definition in the form of the development of preliminary design specifications.

Detailed design activities begin with the concept and configuration derived through the preliminary system design phase. Once the overall system design configuration has been established through preliminary system design, further system definition activities occur which define in detail the system and associated specifications.

General Characteristics

- Characteristic 1 System design activities are planned.**
- Characteristic 2 A system design baseline is established that satisfies the system requirements.**
- Characteristic 3 The current system requirements are traceable to user requirements.**
- Characteristic 4 System design rationale and other information is captured and made available within the organization.**
- Characteristic 5 The system design is controlled and communicated to affected groups.**

9.2.11 KFA 3.4 Integrated Engineering Analysis

The purpose of integrated engineering analysis is to (1) identify issues which require the application of decision theory techniques in order to accomplish timely technical decision making, (2) select a decision making technique appropriate to each technical issue and (3) involve the right mix of technical disciplines in the decision making process during the development of a system.

Technical issues requiring a decision making process may surface during any phase of a program. The objective of a program should be to surface as many impending technical issues as possible early in the development life cycle so as to maximize the time available to deal with each issue. Many candidate technical issues for Integrated Engineering Analysis are discovered using Risk Management activities. Additionally, technical alternatives from which there is no single preferred choice are also candidates for Integrated Engineering Analysis.

Many methods exist to perform comparative studies of technical alternatives. These methods include classical trade-off analysis, analytical hierarchical process, quality function deployment as well as many others. The selection of the appropriate decision making method should match the type and scope of the technical issue being analyzed. The application of a specific decision making method is sometimes referred to as a trade study.

Inputs to Integrated Engineering Analysis include the defined alternatives that are an interim output of the Concept Definition, Requirements and Functional Analysis, or System Design (Synthesis) KFAs. The trade study activity must be planned to clearly identify the objective and requirements of the analysis, alternatives to be traded, the selected decision making method, and preferred selection criteria. The development activity determines the measures to be considered for optimization and the relative weighting of those measures. Performance of the trade study will provide a recommendation as to which alternative should be selected. The alternative selected will provide the best balance of technical cost, schedule, and risk, and any other set of factors which are considered important by the developer. This recommended solution is then provided back to the activity which surfaced the alternatives. Requirement, functional architecture, and physical architecture alternatives can be narrowed to a preferred alternative through application of analysis. Integrated Engineering Analysis also provides a means of resolving requirement (or functional or physical solution) conflicts in which no single candidate alternative will satisfy the expectations and constraints, nevertheless a preferred alternative must be selected.

A primary role of systems engineering is to ensure that the diverse engineering disciplines needed to develop complex systems are combined into a timely and appropriate manner to satisfy program objectives. During requirements analysis, functional analysis, and synthesis activities, alternative technical solutions are often identified which may appear to equally satisfy defined system expectations and constraints. To select one alternative that best satisfies system requirements, it is necessary to involve appropriate technical disciplines in decision making processes.

Engineering disciplines include both traditional and specialty engineering, as well as test, manufacturing, and field support engineering. Traditional engineering disciplines include (but are not limited to) electrical/electronic, mechanical, software, and aerodynamic engineering. Specialty engineering disciplines include (but are not limited to) safety, reliability, maintainability, and human factors engineering.

Integrate Engineering Analysis is closely related to the degree of success of System Concept Definition, Requirements and Functional Analysis, and System Design -- the extent to which engineering disciplines are integrated in a timely and appropriate fashion determines the overall effectiveness of these activities.

General Characteristics

- Characteristic 1** Integrated engineering analysis activities are planned (i.e. alternatives defined, methodology established, selection criteria established) before they are accomplished.
- Characteristic 2** An environment exists that promotes the integrated development of products and their related processes.
- Characteristic 3** Appropriate decision making techniques are used to resolve technical issues.
- Characteristic 4** Relevant engineering/technical disciplines are combined as appropriate to participate in technical decision making processes.

9.2.12 KFA 3.5 System Integration

As systems become more complex and distributed, the system integration task becomes one of the key elements of systems engineering activity. System integration ensures that each of the subsystems come together and perform as a complete system that satisfies the system level requirements within the defined operating environment. Coupling between subsystems is indicative of their interdependence; connectivity between subsystems interfaces some or all of the internal elements of one subsystem to selected internal elements of another subsystem. Loose coupling is important for modularity - so that a subsystem can be redesigned and/or replaced, if needed, without affecting the other subsystems.

System integration is managed by interface control documents, which ensure compatibility of all interfaces. The content and structure of interface control documents varies greatly depending upon the type of interface, e.g. mechanical interface, electrical interface, or radio frequency interface.

System integration is more than a onetime assembly of the system elements at the conclusion of system design and fabrication. System integration should be approached in an incremental manner. Incremental system integration is the iterative process of "build-test-build" that occurs throughout the development process, beginning with simulations and steadily progressing through increasingly more realistic builds of prototypes until the final system is achieved. In each successive build, prototypes are constructed, tested, improved, and reconstructed based upon knowledge gained in the testing process. The end product achieved in this manner has a high confidence of passing system verification and validation.

General Characteristics

- Characteristic 1** System integration is planned.
- Characteristic 2** Interface design enables subsystems to satisfy assigned system requirements.
- Characteristic 3** Interface design and design rationale/information is captured and made available within the program.
- Characteristic 4** Interface design is controlled, communicated to affected groups, and used to support program decisions.

9.2.13 KFA 3.6 System Verification

System verification is a stepwise approach to ensure that each element of the system satisfies its requirements. When accomplished at each level of the system hierarchy, an assurance is made that the complete, integrated system satisfies the system level requirements. Just as requirements are successively developed for each configuration item within the system (i.e. system, subsystem, unit, components, etc.), the system verification process is successively applied to determine for a given level of development activity, that the implementation satisfies the requirements specified at that level and that interfaces are as defined in the interface control documents. Verification is accomplished via any combination of the following methods: test, analysis, simulation, demonstration and/or inspection.

System verification should not be viewed as a single event comprised of a single test or series of tests conducted at the conclusion of development. Instead, the verification process should be started in the early stages of the life cycle. As requirements are developed, a method of verifying the requirement is also specified. Developmental verification activities during design evolution enables tracking and control of critical technical performance parameters that are key to satisfying specification requirements. Developmental verification activities detect design deficiencies and interface issues; permitting timely resolution before such issues can impact schedule and cost.

System verification usually has two components: functional system verification and physical system verification. Functional system verification is usually comprised of system performance testing, which verifies actual performance with respect to specified performance, and qualification testing, which verifies system performance within its specified operational environment (e.g., temperature, vibration, electromagnetic interference). Physical system verification determines that the as-built configuration is physically in compliance with the specification and referenced drawings.

General Characteristics

- Characteristic 1 System verification is planned.**
- Characteristic 2 Actual performance of the system satisfies specified performance requirements.**
- Characteristic 3 The system is able to perform in the specified environment.**
- Characteristic 4 The as-built configuration of the system is as specified.**
- Characteristic 5 Verification activities within the program are performed in a consistent and coordinated manner.**

9.2.14 KFA 3.7 System Validation

System validation is an "end-to-end" approach to ensure that the completed, integrated system will operate as needed in the environment for which it is intended. True system validation can only be accomplished using the actual system in its intended environment. However, validation issues can be discovered early in the development life cycle through the use of early validation activities. Validation issues typically consist of unanticipated or unintended function or behavior.

Early validation activities use approaches similar to verification (i.e. test, analysis, simulation, etc.) to determine how the system as a whole, is likely to perform under anticipated operational and environmental conditions. Additional prototyping techniques (e.g., rapid or sluggish prototyping) may also be used.

Rapid prototypes are models of the system that may be developed quickly to provide information on a particular aspect of the system under development. Such models may be physical models or mock-ups used to determine how a man-machine interface might be optimized, or simulations which provide insight into the operation or behavioral characteristics of a system. Rapid prototypes are typically used until the necessary information is obtained and are then discarded. Sluggish prototypes are higher fidelity representations of a system or system element. Sluggish prototypes are developed more slowly and are continuously updated and maintained to accurately reflect the characteristics of the actual system or system element under development.

General Characteristics

- Characteristic 1 System validation is planned.**
- Characteristic 2 Actual performance of the system satisfies the operational needs.**
- Characteristic 3 The system is able to perform in its intended environment**
- Characteristic 4 System requirements as specified will result in a system that satisfies the intended need.**
- Characteristic 5 Validation activities (including early validation) within the program are performed in a consistent and coordinated manner.**

9.3 **Bijlage 3: Interviewvragen**

A) Op welke wijze worden de systeemeisen afgeleid van de eisen die geleverd zijn door de klant? (KFA 3.1, 3.2 en 3.3)

(sturen op: Welke processtappen worden hierbij doorlopen? Welke schakels binnen de project-organisatie worden gebruikt en in welke tijdsvolgorde? Bij wie ligt tijdens het gehele proces de verantwoordelijkheid? Op welke manier wordt gegarandeerd dat de eisen SMART zijn? Op welke manier wordt omgegaan met RAMS-eisen? Wordt de kwaliteit van de afgeleide eisen ook gecontroleerd en op welke manier? Wordt er gebruik gemaakt van baselines en op welke manier? Zijn er wel eens problemen opgetreden door de afleiding van systeemeisen en wat was hier de oorzaak van?)

B) Op basis waarvan worden ontwerpkeuzen gemaakt? (KFA 3.1, 3.2, 3.3 en 3.4)

(sturen op: Welke processtappen worden hierbij doorlopen? Welke schakels binnen de project-organisatie worden gebruikt en in welke tijdsvolgorde? Bij wie ligt tijdens het gehele proces de verantwoordelijkheid? Worden de ontwerpkeuzen op basis van de systeemeisen gemaakt? Wordt er gebruik gemaakt van trade-off matrices? Wordt de kwaliteit van de ontwerpkeuzen ook gecontroleerd en op welke manier?)

C) Op welke manier wordt omgegaan met raakvlakken binnen het project, zowel interne als externe? (KFA 3.2, 3.3 en 3.5)

(sturen op: Welke processtappen worden hierbij doorlopen? Welke schakels binnen de project-organisatie worden gebruikt en in welke tijdsvolgorde? Bij wie ligt tijdens het gehele proces de verantwoordelijkheid? Worden de raakvlakken die worden geïdentificeerd ook vertaald in systeemeisen? Zijn er wel eens problemen opgetreden die ontstonden uit raakvlakken en wat was hier de oorzaak van?)

D) Op welke wijze wordt tijdens de ontwerpfase rekening gehouden met eisen en wensen uit de uitvoeringsfase? (KFA 3.4)

(sturen op: Welke processtappen worden hierbij doorlopen? Welke schakels binnen de project-organisatie worden gebruikt en in welke tijdsvolgorde? Bij wie ligt tijdens het gehele proces de verantwoordelijkheid? Worden de eisen en de wensen die voortkomen uit de uitvoeringsfase ook gebruikt tijdens de ontwerpfase en expliciet opgenomen in de systeemeisen? Zijn er wel eens problemen opgetreden doordat de uitvoeringseisen niet zijn meegenomen in de ontwerpfase?)

E) Op welke manier wordt bewaakt dat het ontwerp van het subsysteem in kan worden gepast in het volledige systeem? (KFA 3.4 en 3.5)

(sturen op: Welke processtappen worden hierbij doorlopen? Welke schakels binnen de project-organisatie worden gebruikt en in welke tijdsvolgorde? Bij wie ligt tijdens het gehele proces de verantwoordelijkheid? Worden tijdens de ontwerpfase de relevante ontwerpdisciplines gecombineerd voor het maken van technische beslissingen? Hoe wordt omgegaan met systeemeisen die voortkomen uit dit integratieproces? Zijn er wel eens problemen opgetreden doordat een subsysteem niet kon worden geïntegreerd in het volledige systeem?)

F) Op welke wijze vindt verificatie plaats? (KFA 3.6)

(sturen op: Welke processtappen worden hierbij doorlopen? Welke schakels binnen de project-organisatie worden gebruikt en in welke tijdsvolgorde? Bij wie ligt tijdens het gehele proces de verantwoordelijkheid? Worden er voorafgaand aan de verificaties ook verificatieplannen gemaakt? Op welke wijze wordt omgegaan met verificaties waaruit afwijkingen voortkomen? Wordt de kwaliteit van de verificaties ook gecontroleerd en op welke manier? Is het systeem in staat om te functioneren in de gespecificeerde omgeving? Is de As-Built configuratie van het systeem zoals deze gespecificeerd is?)

G) Op welke wijze vindt validatie plaats? (KFA 3.7)

(sturen op: Welke processtappen worden hierbij doorlopen? Welke schakels binnen de project-organisatie worden gebruikt en in welke tijdsvolgorde? Bij wie ligt tijdens het gehele proces de verantwoordelijkheid? Worden er voorafgaand aan de verificaties ook validatieplannen gemaakt? Zijn er wel eens problemen opgetreden waardoor de validatie niet kon worden geaccepteerd en wat was hier de oorzaak van?)

H) Hoe wordt erop toegezien dat het personeel en de hulpmiddelen die worden ingezet geschikt zijn voor het werken met de Systems Engineering methodiek? (KFA 2.4)

(sturen op: Op basis van welke eigenschappen wordt het personeel geselecteerd? Zijn er cursussen gegeven om de Systems Engineering methodiek uit te leggen en door wie zijn deze gegeven? Welke hulpmiddelen worden gebruikt bij de uitvoering van de Systems Engineering methodiek? Op basis van welke eigenschappen zijn deze hulpmiddelen uitgekozen? Zijn er cursussen gegeven om de hulpmiddelen uit te leggen aan het personeel? Zijn de hulpmiddelen op maat te maken op basis van programma behoeftigheden? Worden verbeteringen aan de hulpmiddelen op een gecontroleerde manier ingevoerd? Zijn er wel eens problemen opgetreden doordat het personeel de Systems Engineering methodiek niet begrijpt? Zijn er wel eens problemen opgetreden doordat het personeel de hulpmiddelen niet begrijpt?)

I) Op welke manier worden de bedrijfsprocessen die voortvloeien uit de Systems Engineering methodiek beheerd en verbeterd? (KFA 2.1)

(sturen op: Welke processtappen worden hierbij doorlopen? Welke schakels binnen de project-organisatie worden gebruikt en in welke tijdsvolgorde? Bij wie ligt tijdens het gehele proces de verantwoordelijkheid? Zijn er organisatiebrede standaard Systems Engineering processen vastgesteld? Zijn er richtlijnen voor het op maat maken van het standaard organisatiebrede Systems Engineering proces naar een programma specifiek Systems Engineering proces? Is er een organisatiebrede vergaarbak voor Systems Engineering proces gerelateerde informatie ingesteld en wordt deze ook bijgehouden? Wordt informatie vanuit project- en organisatiebronnen gebruikt om continu het standaard Systems Engineering proces te verbeteren en worden van elkaar afhankelijke processen geïntegreerd?)

J) Op welke manier wordt de planning uitgevoerd en wat is het effect van de bedrijfsprocessen die voortvloeien uit de Systems Engineering methodiek hierop? (KFA 1.1)

(sturen op: Welke processtappen worden hierbij doorlopen? Welke schakels binnen de project-organisatie worden gebruikt en in welke tijdsvolgorde? Bij wie ligt tijdens het gehele proces de verantwoordelijkheid? Is de planning gedocumenteerd? Is er een Work Breakdown Structure aanwezig en op welke manier is deze verbonden aan de planning? Zijn er wel eens problemen opgetreden bij het halen van de planning en wat was hier de oorzaak van?)

K) Hoe worden werkproducten die voortvloeien uit de Systems Engineering methodiek vergeleken met de doelstellingen daarvan? (KFA 1.2)

(sturen op: Welke processtappen worden hierbij doorlopen? Welke schakels binnen de projectorganisatie worden gebruikt en in welke tijdsvolgorde? Bij wie ligt tijdens het gehele proces de verantwoordelijkheid? Worden er statistieken gebruikt bij de beoordeling van de werkproducten? Worden management-, technische en procesfuncties bewaakt door vergelijking ten opzichte van de planningsdoelen? Worden er corrigerende maatregelen uitgevoerd wanneer problemen worden geïdentificeerd?)

L) Op welke manier vindt er interactie plaats tussen verschillende belanghebbenden in het project? (KFA 1.4)

(sturen op: Worden er activiteiten gepland om de verschillende belanghebbenden met elkaar te laten overleggen? Worden raakvlakken tussen belanghebbenden gedefinieerd en beheerd? Worden technische en projectproblemen geïdentificeerd en opgelost tussen de betreffende belanghebbenden? Zijn alle belanghebbenden in het bezit van de technische en projectinformatie die ze nodig hebben, wanneer ze dit nodig hebben?)

M) Op welke manier wordt configuratiemanagement uitgevoerd? (KFA 1.5)

(sturen op: Worden configuratiemanagement producten en activiteiten ingepland? Welke processtappen worden hierbij doorlopen? Welke schakels binnen de projectorganisatie worden gebruikt en in welke tijdsvolgorde? Bij wie ligt tijdens het gehele proces de verantwoordelijkheid? Worden configuratieveranderingen gecontroleerd en geëvalueerd op basis van de technische en de programma benodigdheden? Op welke wijze worden de status en de inhoud van configuratie werkproducten gecommuniceerd? Zijn er wel eens configuratieproblemen opgetreden en wat was hier de oorzaak van?)

N) Op welke manier wordt er omgegaan met risicomanagement? (KFA 1.7)

(sturen op: Welke processtappen worden hierbij doorlopen? Welke schakels binnen de projectorganisatie worden gebruikt en in welke tijdsvolgorde? Bij wie ligt tijdens het gehele proces de verantwoordelijkheid? Wordt risicomanagement ingepland? Worden risico's geïdentificeerd en geanalyseerd? Worden technische, economische en planningsrisico's intentioneel beperkt en worden deze activiteiten bewaakt?)

O) Wat is de waarde van de Systems Engineering methodiek? (Algemeen)

(sturen op: Is het gebruik van de Systems Engineering methodiek effectief? Is het gebruik van de Systems Engineering methodiek efficiënt? Wat zijn de voor- en nadelen van de Systems Engineering methodiek ten opzichte van de oude manier van werken?)

9.4 Bijlage 4: Interviewresultaten

9.4.1 Project 'N31 Harlingen – Zurich': Management

Naam:	P.S.J. van der Weide
Organisatie:	Dura Vermeer Infrastructuur, regio Oost
Functie:	Hoofduitvoerder
Datum:	Donderdag 15 mei 2008
Projectfunctie	Projectleider Dura Vermeer bij De Eendracht vof

Context:

Dhr. van der Weide is hoofduitvoerder GWW / Betonwerken. Hij is de eindverantwoordelijke voor het Dura Vermeer aandeel in de combinatie De Eendracht vof, waarin ook Ballast Nedam plaats heeft. Hij vormt de voornaamste verbinding tussen het ontwerp en de uitvoering van het project. Het project zelf bevindt zich op dit moment in de eindfase van de uitvoering wat tijd betreft. Wat hoeveelheid werk betreft dat buiten moet worden uitgevoerd, is het zwaartepunt echter nog niet geweest. Hier-naast dient nog opgemerkt te worden dat dhr. van der Weide niet direct betrokken is geweest met de tenderfase van dit project. Verder had dhr. van der Weide nog geen eerder ervaring met Systems Engineering voorafgaand aan dit project.

- A) *Er is een vraagspecificatie van RWS binnengekomen met +/- 1000 contracteisen. Tijdens de tenderfase is er niet gewerkt met afgeleide systeemeisen maar is op basis van ervaring gewerkt. Op dat moment waren er ook nog geen specifieke Cradle hulpmiddelen voorhanden zoals Cradle. De tenderfase is uitgevoerd door een team bestaande uit vier personen, die allen kennis van zaken hebben in het kennisdomein van het traject en die elkaar aanvullen. Tijdens de ontwerpfase hebben Advin (het ingenieursbureau van Dura Vermeer) en IC+E (het ingenieursbureau van Ballast Nedam) het ontwerp gemaakt op basis van de contracteisen. Zij waren verantwoordelijk voor het genereren van de afgeleide eisen, maar het resultaat hiervan was onvoldoende. In ontwerpnotities die bij het ontwerp worden gemaakt is getracht om de contracteisen om te zetten in SMART afgeleide eisen, maar dit is niet gekoppeld aan Cradle. Dit programma werd sowieso pas een half jaar na de start van de werkzaamheden geïmplementeerd bij de projectorganisatie, waardoor tijdens de start van de ontwerpfase geen gebruik kon worden gemaakt van de Systems Engineering ICT-tool. De kwaliteit van de vertaling van contracteisen naar het ontwerp werd gecontroleerd door de werkvoorbereiding. Doordat tijdens de tenderfase vooral op basis van ervaring is gewerkt, was het mogelijk dat er na gunning enkele verrassingen uit de contracteisen werden afgeleid. Zo moest er een waterinfiltratiesysteem worden aangelegd, waar in de tender helemaal geen rekening mee is gehouden.*
- B) *De ontwerpkeuzen zijn bij dit project voornamelijk op basis van ervaring gemaakt. Aangezien er eigenlijk nooit SMART systeemeisen zijn afgeleid, kan dit niet gebeuren op basis van systeemeisen. In ontwerpnotities wordt zoveel mogelijk de koppeling gelegd met de contracteisen. Ook zou hierin de motivatie voor bepaalde ontwerpkeuzen terug te vinden zijn. Er is in ieder geval geen gebruik gemaakt van trade-off matrices en zodoende werden deze ook niet bijgehouden in de Systems Engineering ICT-tool Cradle. Opgemerkt dient te worden dat het maken van trade-off matrices ook geen contracteis is van RWS bij dit project.*

- C) *Raakvlakken die worden geïdentificeerd, worden omgezet in systeemeisen. Het hoofd ontwerp is verantwoordelijk voor de identificatie van de raakvlakken. Door de achterstand die het ontwerp heeft op de uitvoering is er echter erg weinig tijd beschikbaar voor het bewaken van de raakvlakken. Een bijkomend probleem is de grote fysieke afstand tussen de uitvoering en de twee ingenieursbureaus onderling. Dit brengt extra moeilijkheden en risico's met zich mee, omdat de personen die de raakvlakken moeten beheersen niet altijd in staat zijn om face-to-face te overleggen over het desbetreffende raakvlak.*
- D) *Het hoofd ontwerp is eindverantwoordelijke voor het ontwerp, maar voordat een ontwerp de geaccepteerde status krijgt, wordt het eerst meerdere keren gecontroleerd op maakbaarheid door de werkvoorbereiding en de uitvoering door middel van zogenaamde checkprints. Dit iteratieve proces kan zich in sommige gevallen wel tot acht keer herhalen. Voorafgaand aan het ontwerp geven de verantwoordelijke personen van de werkvoorbereiding en de uitvoering ook hun eisen en wensen aangaande de maakbaarheid van het te ontwerpen subsysteem op. Deze wensen en eisen worden echter niet expliciet opgenomen in Cradle.*
- E) *De processen waarmee de systeemintegratie wordt bewaakt, zijn dezelfde als diegene die beschreven zijn bij D.*
- F) *Ontwerpnootities die door de ingenieursbureau, Advin en IC+E, op regiebasis zijn opgesteld, worden door De Eendracht vof opgevat als verificaties voor het ontwerp. Er vinden geen expliciete controles van de verificaties plaats door De Eendracht vof. Er zijn voorafgaand aan de verificaties geen verificatieplannen opgesteld. Voor de keuringen van de uitvoering zijn door De Eendracht vof op basis van de onderliggende klanteisen die aan de WP's zijn gekoppeld wel keuringsplannen opgesteld. De keuringen worden samengevoegd in keuringsrapporten, die dienen als bewijsdocument richting RWS.*
- G) *Aan validatie wordt geen expliciete aandacht besteed. Er wordt vanuit gegaan dat validatie automatisch plaatsvindt, wanneer alle contracteisen en de daarvan afgeleide systeemeisen zijn geverifieerd.*
- H) *Het personeel is niet op basis van Systems Engineering eigenschappen bij het project neergezet. Er zijn ook geen cursussen in Systems Engineering aangeboden. Het Systems Engineering leerproces kan het beste worden omschreven als 'trial & error'. Als ICT-tool wordt Cradle 5.6 van 3SL gebruikt. Dit programma werd pas halverwege de ontwerpfase in gebruik genomen. De uitvoeringsfase was toen ook al begonnen. Daarvoor werden de Systems Engineering processen bijgehouden met spreadsheets, maar dit heeft tot veel problemen geleid. Dit project is tevens het eerste project van Dura Vermeer waarbij Cradle is ingezet, waardoor men niet terug kon vallen op ervaring binnen het bedrijf. Een nadeel bij dit project is dat er geen Dura Vermeer mensen echt met Cradle hebben gewerkt, waardoor de kennis hierover na afloop van het project grotendeels verloren gaat.*
- I) *De bedrijfsprocessen die voortvloeien uit de Systems Engineering methodiek worden voornamelijk beheerd en verbeterd door het kwaliteitsmanagementsysteem dat al aanwezig was binnen Dura Vermeer en Ballast Nedam. Dit systeem werd ook gebruikt op een vorige combinatie. Verder is op dit punt weinig aan te merken.*

- J) *Over de planning kan weinig worden gezegd, behalve dat de planning voortdurend moet worden aangepast, omdat de ontwerptekeningen niet op tijd beschikbaar zijn. Op dit moment wordt er nog gewacht op ontwerptekeningen die eind januari 2008 al geaccepteerd zouden zijn. Dhr. van der Weide kan drie hoofdredenen aanwijzen waar dit probleem door is ontstaan. Ten eerste is er tijdens de tenderfase niet ontworpen op basis van de contracteisen, maar meer op gevoel. Hierdoor was er minder ontwerptijd begroot, waardoor er eigenlijk al met een achterstand aan het project is begonnen. Ten tweede zijn de implicaties van het uitvoeren van D&C-project ook erg onderschat. Er was bij de ingenieursbureaus geen ervaring met Systems Engineering, maar men dacht dat met het 'wel even' zou gaan doen. Achteraf blijkt nu dat het ontwerpen op basis van de Systems Engineering methodiek in combinatie met het leerproces erg veel tijd en moeite kost. Als laatste wil dhr. van der Weide ook nog melden dat de '9 tot 5' werkinstelling van de ingenieursbureaus ook nog eens bijdraagt aan het feit dat de huidige achterstand niet wordt bijgewerkt, maar eerder nog groter wordt. Met betrekking tot De Eendracht vof kan worden gezegd dat er geen directe koppeling is tussen de Systems Engineering processen en de planning, maar dat ze wel degelijk structureel op elkaar worden afgestemd. De planning gebeurt op dit project met behulp van het planningsprogramma MS Project.*
- K) *Bij het bijhouden van en het toezicht houden op de Systems Engineering bedrijfsprocessen wordt geen gebruik gemaakt van statistieken. Wanneer er echter afwijkingen op de gewenste gang van zaken worden geconstateerd, worden corrigerende maatregelen opgesteld en uitgevoerd.*
- L) *De interactie tussen de belanghebbenden binnen het project vindt vooral plaats in overleggen. Er zijn meerdere periodieke overleggen met de OG, waarin, wanneer nodig, besluiten worden genomen over technische en projectproblemen. De OG heeft middels het contract ook de mogelijkheid om wekelijkse systeem-, proces-, en producttoetsen af te nemen, waarmee zij de vinger op de pols kunnen houden met betrekking tot de wijze waarop De Eendracht vof werkt. Binnen de projectorganisatie vinden tussen de verschillende ontwerp- en uitvoeringsafdelingen ook periodieke overleggen plaats, waarin bijvoorbeeld wordt gesproken over raakvlakken en risico's. Voor zover mogelijk wordt de interne projectinformatievoorziening met behulp van Cradle uitgevoerd. De externe informatievoorziening, richting OG en onderaannemers, vindt voornamelijk schriftelijk plaats.*
- M) *Het configuratiemanagement wordt digitaal uitgevoerd binnen Cradle. Er wordt niet structureel door iemand gecontroleerd of de status van de configuratie werkproducten klopt, al is een periodieke controle wel een onderdeel van het kwaliteitsmanagementsysteem van Dura Vermeer.*
- N) *Wanneer tijdens de ontwerp- en uitvoeringsfase risico's worden geïdentificeerd, worden deze ingevuld op een risicoformulier. Er wordt zo nodig een passende beheersmaatregel aan het risico gekoppeld en dit alles wordt gedocumenteerd in Cradle. Deze beheersmaatregelen kunnen op hun beurt weer leiden tot nieuwe systeemeisen, die ook via Cradle aan de activiteiten worden gekoppeld. Tijdens de tenderfase is ook een lijst met risico's opgesteld, maar de kwaliteit hiervan laat te wensen over. Het is niet zo dat er een risicomanager is aangesteld, maar de risico's worden over het algemeen aangepakt door de persoon die ze identificeert.*
- O) *Volgens dhr. van der Weide is de waarde van de Systems Engineering methodiek niet hoog bij de uitvoering van dit project. Volgens hem zou het financieel veel beter zijn gegaan als op basis van een standaard RAW-bestek zou worden ontworpen. Volgens dhr. van der Weide worden*

door de nieuwe geïntegreerde contractvormen niet alleen alle risico's naar de ON toegehaald, maar ook alle daarbij horende administratieve rompslomp. De effectiviteit en efficiëntie van de Systems Engineering methodiek schat hij dan ook erg laag in. Het zorgt niet alleen voor extra werk, maar ook nog eens voor meer onzekerheid met betrekking tot het beheersen van financiële risico's en uiteindelijk de planning.

9.4.2 Project 'N31 Harlingen – Zurich': Systems Engineering

Naam:	H. Tragter
Organisatie:	Dura Vermeer Infrastructuur, regio Oost
Functie:	Calculator
Datum:	Donderdag 15 mei 2008
Projectfunctie:	Systems Engineer bij De Eendracht vof

Context:

Dhr. Tragter is naar het project toegehaald om de Systems Engineering ICT-tool Cradle 5.6 van 3SL te implementeren. Hij was voorafgaand aan dit project niet bekend met Systems Engineering, maar heeft wel een week durende cursus van 3SL bijgewoond, waar het gebruik van Cradle 5.6 werd uitgelegd. De reden dat dhr. Tragter voor deze taak werd geselecteerd was zijn affiniteit met ICT.

- A) *Toen het werk werd aangenomen was het ontwerp eigenlijk al helemaal klaar. Daarna werd pas Systems Engineering ingevoerd. Er is dus eigenlijk sprake geweest van een reverse engineering proces waarbij hetgeen dat op ervaring ontworpen was, werd gekoppeld aan de +/- 200 contracteisen die van toepassing waren op het ontwerp. Een bijkomend probleem is ook nog eens dat de contracteisen niet SMART waren, maar dat daar toch het ontwerp op is gebaseerd. Door de reverse engineering koppeling van de contracteisen aan de objecten, wat in Cradle is uitgevoerd, is er nu eigenlijk nog steeds geen sprake van SMART systeemeisen. De uitvoering controleert de kwaliteit van de geleverde ontwerpen dan ook niet op basis van de systeemeisen waaraan het moet voldoen, maar alleen op basis van de tekeningen.*
- B) *Hiervan heeft dhr. Tragter geen duidelijk beeld, omdat hij pas in een latere fase op het project is terechtgekomen. Wel heeft hij het idee dat de meeste ontwerpkeuzen impliciet zijn gemaakt tijdens de tenderfase en het begin van de ontwerpfase.*
- C) *Raakvlakken worden niet expliciet gewaarborgd in Cradle. Ze komen wel impliciet terug uit de WBS. Er was wel maandelijks overleg tussen de verschillende ontwerpdisciplines waarin ook raakvlakken worden geïdentificeerd.*
- D) *Hiervan heeft dhr. Tragter geen duidelijk beeld, omdat hij pas in een latere fase op het project is terechtgekomen.*
- E) *Het hoofd ontwerp is de eindverantwoordelijk voor de integratie van de verschillende subsystemen. Met behulp van checkpoints geven de werkvoorbereiding en de uitvoering wel hun visie over de maakbaarheid van het ontwerp. Hierna kan een ontwerp pas de geaccepteerde status krijgen.*
- F) *De verificaties vinden plaats aan de hand van verificatiedocumenten. Hierbij zijn ook keuringen inbegrepen. De ontwerpverificaties worden eigenlijk niet goed uitgevoerd, omdat de systeemeisen niet SMART zijn. Hierdoor is strikt genomen verificatie niet mogelijk. Toch is deze gang van zaken goedgekeurd door RWS. De keuringen in het werk worden kwalitatief wel goed uitgevoerd. Dit is vooral gewaarborgd, doordat de realisatie-eisen terug zijn geschreven naar 'oude' RAW-eisen. De controle van de verificatiedocumenten vindt plaats door de werkvoorbereiding. De verantwoordelijke werkvoorbereider geeft dus expliciet akkoord voor het ontwerp.*

- G) *De opvatting over validatie bij dit project is dat wanneer wordt voldaan aan alle systeemeisen, alle contracteisen zijn afgedekt en dat wanneer alle contracteisen zijn afgedekt, tevens wordt voldaan aan de klantwens. Aan validatie wordt verder geen expliciete aandacht geschonken.*
- H) *Dhr. Tragter was verantwoordelijk het uitrollen van de Systems Engineering processen bij het project. De kennis over Systems Engineering binnen het project was beperkt tot de kennis hierover die het gebruik van Cradle 5.6 van 3SL met zich meebracht. Dhr. Tragter heeft bij de implementatie van Cradle een introductiecursus gegeven aan het personeel dat ermee ging werken. Hij is ervan overtuigd dat het programma op zichzelf goed in staat is om op een effectieve en efficiënte manier het werk met de Systems Engineering bedrijfsprocessen te faciliteren.*
- I) *Vanaf het moment dat Cradle 5.6 van 3SL geïmplementeerd is, is er erg veel overleg geweest over het datamodel binnen De Eendracht vof. Bijna alle echte problemen waar tegenaan werd gelopen bij de toepassing van de Systems Engineering methodiek hadden te maken met het datamodel. Omdat dit het eerste project van Dura Vermeer is waar Cradle werd geïmplementeerd als Systems Engineering ICT-tool, zijn er gaandeweg het project veel verbeteringen en vereenvoudigingen doorgevoerd aan het datamodel. Iedereen binnen de projectorganisatie kon verbeteringen en/of vereenvoudigingen aandragen bij dhr. Tragter, waarna door hem de haalbaarheid en de gewenstheid van de aanpassing werd beoordeeld. Hiernaast wordt nog gemeld dat het project helemaal los staat van andere, latere Dura Vermeer projecten waar Cradle als Systems Engineering ICT-tool wordt toegepast.*
- J) *De planning is niet direct gekoppeld aan de Systems Engineering processen. Het is wel zo dat de planning wordt afgestemd op de activiteiten die volgen uit de WBS. Op deze manier is er een koppeling tussen de Systems Engineering processen en de planning.*
- K) *De status van de Systems Engineering processen en producten wordt niet structureel bijgehouden. Sommige producten worden wel bijgehouden, maar dit komt meer voort uit het feit dat dit contractdocumenten zijn, die als bewijsdocumenten fungeren richting de klant, zoals bijvoorbeeld de WP's. Er wordt in ieder geval geen gebruik gemaakt van statistieken bij het bijhouden en toezicht houden.*
- L) *Met betrekking tot de interactie met de OG kan worden gezegd dat RWS maximaal een keer per week op verschillende disciplines mag toetsten op het project. Op deze manier heeft de OG ook inzicht in de Systems Engineering methodiek die gebruikt wordt. Over de overige overlegstructuren heeft dhr. Tragter geen duidelijk beeld.*
- M) *Er is een archiefkast aanwezig waarin alle documenten worden bijgehouden. Ook in Cradle wordt een documentenlijst bijgehouden. Er wordt niet echt aan configuratiemanagement gedaan. Ook wordt er niet met baselines gewerkt.*
- N) *De risico's die worden geïdentificeerd bij het ontwerp en de uitvoering zijn opgenomen in Cradle. Een risico kan leiden tot een beheersmaatregel en deze kan weer leiden tot een systeemeis.*
- O) *Qua effectiviteit kan de Systems Engineering methodiek beter worden gehanteerd. Er is meer uit te halen. Dat wat er gebeurt, gaat echter wel efficiënt. Er was eerst veel weerstand, maar op dit moment ziet de werkvoorbereiding zeker de waarde van de methodiek in.*

9.4.3 Project 'Overkappingsconstructie A2 Utrecht': Management

Naam:	P.H.J. Gossink
Organisatie:	Dura Vermeer Beton- en Waterbouw
Functie:	Projectleider
Datum:	Dinsdag 13 mei 2008
Projectfunctie:	Projectleider Dura Vermeer Beton- en Waterbouw bij DoDo vof

Context:

Dhr. Gossink is projectleider van Dura Vermeer Beton- en Waterbouw bij de bouwcombinatie Dodo vof. Financieel gezien is de bouwcombinatie zo ingericht dat alle combinanten voor hun eigen kostenplaatje moeten werken. Zo kan het zijn dat het ene onderdeel verlies lijdt en het andere winst maakt. Tijdens de tenderfase en aan het begin van de ontwerpfase was er geen Systems Engineering ICT-tool aanwezig. Zes maanden na gunning is Cradle 5.6 van 3SL geïntroduceerd.

- A) *RWS heeft een structuurloze bak met contracteisen aangeleverd in de vraagspecificatie. Expliciet zat er geen structuur in de contracteisen, maar impliciet was er wel een soort eisenboom in te ontdekken. Het leek er echter sterk op dat het een omgebouwd RAW-bestek was, waardoor er rare eisen werden aangeleverd, die in sommige gevallen al oplossingen bevatten, in plaats van eisen waaraan het ontwerp moet voldoen. Voor de kunstwerken en de infrastructuur is tijdens de tenderfase op basis van de contracteisen een aanbiedingsontwerp gemaakt. Met betrekking tot de tunneltechnische installaties wordt gemeld dat het aanbiedingsontwerp waarschijnlijk hoofdzakelijk op basis van ervaring is gemaakt. Na gunning heeft ingenieursbureau Arcadis het gedeelte van de contracteisen dat van belang is voor het ontwerp omgezet in systeemeisen en verder afgeleid en zij zijn hier dus ook verantwoordelijk voor. De werkvoorbereiding heeft de realisatie-eisen afgeleid van de contracteisen. Tijdens de tenderfase en het begin van de ontwerpfase was geen Systems Engineering ICT-tool aanwezig. De Systems Engineering bedrijfsprocessen werden toen zo goed en kwaad als het kon bijgehouden met spreadsheets. Dit heeft echter de nodige problemen opgeleverd. Ook toen na een half jaar ontwerpfase Cradle werd geïmplementeerd, leverde de omzetting van de spreadsheets naar Cradle problemen op.*
- B) *Tijdens de ontwerpfase is doorgewerkt met het aanbiedingsontwerp uit de tenderfase. De ontwerpkeuzen zijn voornamelijk op basis van ervaring gemaakt. Trade-off matrices zijn niet gebruikt tijdens de ontwerpkeuzen. De ontwerpkeuzen zelf worden echter gecontroleerd door de werkvoorbereiding, omdat zij verantwoordelijk zijn voor de maakbaarheid van het ontwerp*
- C) *Het omgaan met raakvlakken gaat min of meer vanzelf. Er zijn geen expliciete raakvlakoverleggen, maar de raakvlakken worden wel besproken in andere overleggen die plaatsvinden. Er wordt wel raakvlakkenbeheer uitgevoerd en de verantwoordelijken hiervoor zijn de projectleiders voor de verschillende disciplines, te weten; infrastructuur, kunstwerken en tunneltechnische installaties. Het raakvlakkenbeheer is nu echter nog wel informeel geregeld en dit zou eigenlijk formeler moeten.*
- D) *Hierin zit hem juist de kracht van D&C-contracten. De werkvoorbereiding is namelijk verantwoordelijk voor de maakbaarheid van het ontwerp. Zij moeten erop toezien dat datgene wat het ingenieursbureau bedenkt ook maakbaar is. Bij dit project was de werkvoorbereiding al erg vroeg betrokken om de maakbaarheid van de ontwerpen te controleren.*

- E) *Dit integratieproces is informeel door veel onderlinge overleggen vrij goed gegaan. De integratieproblemen die zich voordoen komen meestal voort uit tegenstrijdige systeemeisen. Deze systeemeisen zijn echter meestal afgeleid van tegenstrijdige contracteisen en komen dus vaak bij de OG vandaan. Dit is een onverwacht voordeel voor Dura Vermeer, omdat dit voor veel scopewijzigingen zorgt.*
- F) *Verificatie vindt in twee gedeelten plaats. De systeemeisen voor het ontwerp worden geverifieerd door Arcadis. Deze verificaties worden ingevoerd in Cradle en worden niet structureel gecontroleerd door een andere partij. Voorafgaand aan de verificaties worden geen verificatieplannen gemaakt, maar achteraf wel verificatierapporten. Deze dienen als bewijsdocument richting de OG. De verificaties in de vorm van keuringen worden door de uitvoering uitgevoerd. De werkvoorbereiding maakt dan voorafgaand een keuringsplan. Na keuring wordt hier een keuringsrapport van gemaakt.*
- G) *Dit wordt een spannend onderdeel omdat er sprake is van een tunnel. De eigenlijke validatie is dat het gebouwde voldoet aan de nieuwe Tunnelwet. Dat is de wens van de klant. In combinatie met een beschikbaarheid van de tunnel van 99,7% zijn dit de belangrijkste eisen van het project. Er is geen apart validatieproces te onderscheiden binnen het project, maar daar is ook geen vraag naar vanuit de OG.*
- H) *Het is de vraag of Cradle wel het juiste systeem is voor de toepassing van de Systems Engineering methodiek binnen Dura Vermeer. Er zijn erg veel problemen met de gebruiksvriendelijkheid ervan. Wat betreft het personeel worden er wel cursussen voor het gebruik van Cradle gegeven aan de de werkvoorbereiders. Deze cursussen worden gegeven door Dura Vermeer personeel dat de meeste ervaring heeft met Cradle en de Systems Engineering methodiek. Er dient nog opgemerkt te worden dat de Systems Engineering methodiek ook voor Arcadis helemaal nieuw was.*
- I) *In overleg met dhr. oude Lohuis – die de rol van systems engineer bekleedt binnen dit project – kunnen verbeteringen en aanpassingen aan de Systems Engineering processen die via Cradle verlopen worden aangedragen. Dit was bij iedereen binnen de projectorganisatie bekend. Er zijn gedurende de loop van het project veel aanpassingen gemaakt aan het systeem. Ook vanuit de Cradle heavy-user groep waar dhr. Oude Lohuis zitting in heeft, werden soms procesverbeteringen en -aanpassingen doorgevoerd.*
- J) *Er is een planning op basis van de WBS. Deze planning wordt ook structureel bijgehouden. De mijlpalen uit de planning blijven echter heilig. De realisatie ging sneller dan het ontwerpproces. Er moest echter door worden gegaan met bouwen, want tijdens de uitvoering bleek dat de planning die tijdens de tenderfase was opgesteld 29 weken tekort kwam. Dit kwam voort uit een eis over testtijden.*
- K) *Er zijn automatische Cradle uitdraaien van de WP's te genereren. Deze automatische uitdraaien worden vervolgens gecontroleerd op volledigheid. De kwaliteit van de contractdocumenten die voortkomen uit de Systems Engineering processen wordt op deze manier dus gegarandeerd. Er worden geen statistieken gebruikt bij de beoordeling van de werkproducten die voortkomen uit de Systems Engineering methodiek.*

- L) *Er zijn meerdere soorten interacties te onderscheiden. Ten eerste is er de interactie met de OG. Deze is onderverdeeld in vierwekelijkse voortgangsoverleggen en twee vierwekelijkse productie-overleggen. Hierin worden de projectfinanciën algemene projectissues besproken tussen RWS en Dodo vof. Daarnaast zijn er nog wijzigingenoverleggen waarin eventuele scopewijzigingen worden doorgevoerd. Verder zijn er ook nog per discipline overleggen met RWS. In bovenstaande overleggen wordt ook gesproken over hoe met raakvlakken om wordt gegaan. Het is niet zo dat de OG ook toegang heeft tot Cradle.*
- M) *Er wordt voor het configuratiemanagement gewerkt met een afgeleide van Hummingbird van Hummingbird Connectivity Solutions. Dit programma was ingebracht door Besix. Het programma is niet gekoppeld aan Cradle. Er zijn wel eens problemen mee geweest, maar dit kwam waarschijnlijk door de korte voorbereidingstijd. De verantwoordelijke voor het configuratiemanagement is de documentbeheerder. Dit is echter wel informeel geregeld.*
- N) *Er wordt wel aan risicomanagement gedaan. Er is een top 10 van de grootste risico's aanwezig, maar het geheel komt wel een beetje amateuristisch over. Het moet gebeuren, maar er is geen duidelijk systeem voor aanwezig. Eigenlijk zou er binnen Dura Vermeer een risicomanager moeten komen, want op dit moment wordt er helemaal geen analyse uitgevoerd over de risico's. Verder dient nog opgemerkt te worden dat tijdens de tenderfase de daadwerkelijke risico's helemaal niet worden benoemd.*
- O) *Bij projecten op basis van geïntegreerde contractvormen kan niet meer zonder de Systems Engineering methodiek worden gewerkt. Bij een simpel project moet er echter wel de mogelijkheid zijn om met een simpelere variant te werken. Wat dat betreft is de huidige toepassing van Cradle binnen Dura Vermeer nog niet efficiënt genoeg. Dhr. Gossink geeft aan dat hij vindt dat dit project ook efficiënter toepassing zou kunnen maken van de Systems Engineering methodiek door gebruik te maken van een lichtere variant. Wat effectiviteit betreft voldoet de huidige Systems Engineering methodiek binnen Dura Vermeer wel.*

9.4.4 Project 'Overkappingsconstructie A2 Utrecht': Systems Engineering

Naam:	M.G.H. oude Lohuis
Organisatie:	Dura Vermeer Beton- en Waterbouw
Functie:	Projectcoördinator
Datum:	Donderdag 24 april 2008
Projectfunctie:	Systems Engineer bij DoDo vof

Context:

Dhr. oude Lohuis vervult de rol van systems engineer bij dit project. Hij geeft ook interne cursussen bij projectmedewerkers over de toegepaste Systems Engineering methodiek en de toepassing van die methodiek in Cradle.

- A) *RWS heeft een vraagspecificatie opgesteld met +/- 4000 contracteisen, waarvan veruit de meeste zich bevinden op het vlak van de tunneltechnische installaties. De rest was verdeeld over infrastructuur en kunstwerken en er waren nog een paar raakvlakeisen. Omdat de initiatiefase van de overkappingsconstructie al 15 jaar liep, was er in die tijd al een RAW-bestek geschreven. Het is aan de eisen erg duidelijk te zien het RAW-bestek dat destijds bestond, is teruggeschreven naar contracteisen. De eisen zijn in sommige gevallen dan ook heel erg gedetailleerd. Er staat bijvoorbeeld expliciet in de contracteisen beschreven dat er een lekbak moet worden geplaatst in de kelder. Arcadis en Advin zijn verantwoordelijk voor het ontwerp van dit project. Zij zijn direct begonnen met tekenen, voornamelijk op basis van ervaring. Pas nadat een deel van de ontwerpen klaar lagen zijn de contracteisen omgezet in afgeleide systeemeisen. Mede hierdoor is er erg veel onduidelijkheid en moeilijkheid omtrent de afgeleide systeemeisen. Heel veel systeemeisen zijn te breed en hierdoor niet SMART gedefinieerd. Hieruit volgt alleen maar extra ballast voor het systeem en onduidelijkheid. Zelfs op dit moment wordt er nog steeds geworsteld met de afgeleide systeemeisen. Eigenlijk weet niemand precies hoe een goede eis er uit moet zien. Er is ook geen gebruik gemaakt van functieboomen, omdat over de toepassing van functieboomen erg veel interpretatieverschillen bestonden. Uiteindelijk is de kwaliteit van de afgeleide systeemeisen voor de disciplines infrastructuur en kunstwerken goed te noemen. Hier wordt nog niet echt gebruik gemaakt van RAMS-eisen. Over de kwaliteit van de afgeleide eisen bij de tunneltechnische installaties kan dhr. Oude Lohuis weinig zeggen. Hierover is echter nog wel veel discussie met de OG. Hier zitten wel enkele RAMS-eisen bij. Voor de volledigheid dient opgemerkt te worden dat de contracteisen uit de vraagspecificatie, die aan de basis van de afgeleide systeemeisen staan, ook helemaal niet SMART zijn.*
- B) *Bij het maken van de ontwerpkeuzen is door de ingenieursbureaus wel gebruik gemaakt van trade-off matrices, maar lang niet voor alle keuzen. De trade-off matrices zijn vooral op basis van directe kosten gemaakt. Deze focus op de directe kosten volgt overigens uit het D&C-contract. Daarnaast heeft RWS nog enkele RAMS-eisen met betrekking tot de vervangbaarheid en verwisselbaarheid van onderdelen van de constructie. Wanneer trade-off matrices werden gebruikt, was er nog niet van tevoren een ontwerpkeuze gemaakt. Dit is de goede gang van zaken. In de mate waarin ontwerpkeuzen expliciet worden gemaakt door trade-off matrices moet een middenweg worden gezocht, maar op dit moment gebeurt het eerder te weinig dan te veel.*
- C) *Tijdens de tender-, ontwerp- en uitvoeringsfase is gesproken over raakvlakken tussen de disciplines infrastructuur en kunstwerken. Op dit vlak valt er waarschijnlijk wel veel winst te behalen. Informeel is er wel erg veel overleg geweest, maar dit is niet ingevoerd in Cradle,*

waardoor de verantwoordelijke voor het raakvlak ook niet goed te achterhalen is en afspraken niet altijd goed vastliggen of traceerbaar zijn.

- D) *De uitvoering was wel betrokken tijdens de ontwerpfase, maar dit proces had wel beter kunnen verlopen. Hierdoor was het ontwerp niet genoeg gebaseerd op ervaring uit de uitvoeringsfase. In Cradle zijn ook geen ontwerpgerichte systeemeisen opgenomen die voortkomen uit de uitvoering.*
- E) *Integratie van subsystemen in het volledige systeem vindt niet plaats.*
- F) *Verificaties worden direct bij de eis neergezet. Verificatieplannen worden opgesteld per (sub)-systeem. In het verificatieplan staat hoe de verificatie moet plaatsvinden. Er zit echter geen planning bij waarin wordt vermeld wanneer de verificaties moeten worden uitgevoerd, maar wel een fase aanduiding, waardoor duidelijk is of tijdens de ontwerp-, uitvoerings- of instandhoudingsfase moet worden geverifieerd.*
- G) *Validatie vindt impliciet plaats door middel van verificaties. De klant is zelf verantwoordelijk voor de bovenkant van de eisenboom, in de vorm van de vraagspecificatie. RWS doet zelf ook niet echt aan validatie. Op de private markt zou dit waarschijnlijk beter werken. De meningen over valideren verschillen nogal, maar expliciet gebeurt er niets aan validatie.*
- H) *Tijdens de tenderfase wordt er niet tot nauwelijks op toegezien dat het personeel en de hulpmiddelen die worden ingezet, geschikt zijn voor het werken met de Systems Engineering methodiek. Na gunning is de werkvoorbereiding het gewoon gaan doen. Er zijn cursussen en presentaties gegeven door dhr. oude Lohuis met betrekking tot de Systems Engineering methodiek en de toepassing van deze methodiek in Cradle. Er zijn nu al wel veel zaken veranderd. Besix heeft er ook veel moeite in gestopt. Uit de overleggen hierover komt een afspraak op papier, maar de echte uitleg wordt meestal in de wandelgangen gegeven. Verder is er een fout gemaakt in het projectmanagementplan. Het is direct veel te groot aangepakt. In combinatie met slecht configuratiemanagement kwamen hier veel problemen uit voort. Het slechte configuratiemanagement komt voornamelijk door de onwetendheid over wat het precies inhoudt. Ook uit het datamodel dat is gebruikt om Cradle in te stellen zijn problemen voortgekomen. Doordat bijvoorbeeld de verificaties direct bij de eis worden neergezet, ontstaan er veel problemen bij systeemeisen die tot meerdere objecten en verificaties leiden. Deze problemen hebben echter niets met Cradle te maken, maar met de manier van inrichten van Cradle waarvoor bij dit project door ons is gekozen. Een andere bron van problemen is de drang van mensen om informatie die digitaal aanwezig is, uit te printen, hierin aanpassingen te maken, en dit vervolgens weer te digitaliseren. Bij dit soort digitaal-analoog-digitaal processen gaan ook vaak dingen fout. Aan Cradle als Systems Engineering ICT-tool zijn de problemen niet verbonden. In Cradle is alles in te stellen en daardoor kan het volledig worden ingericht op het gewenste bedrijfsproces en daarbij horende datamodel.*
- I) *Het beheren en verbeteren van de Systems Engineering bedrijfsprocessen valt binnen de projecten onder het reguliere KAM-beleid. Organisatiebreed vindt er binnen Dura Vermeer geen procesverbetering plaats. Er is wel een Cradle heavy-user groep, bestaande uit de personen die de functie van systems engineer bekleden binnen de grote projecten van Dura Vermeer. Deze groep heeft periodieke bijeenkomsten. Er is echter geen sprake van een organisatiebrede Systems Engineering methodiek binnen Dura Vermeer. Een reden hiervoor is dat de OG's per*

project verschillen. Zelfs tussen twee projecten van bijvoorbeeld RWS kunnen er verschillen zijn in de wensen van de OG ten opzichte van de toegepaste Systems Engineering methodiek. Op dit moment is echter wel een organisatiebrede Systems Engineering methodiek in ontwikkeling binnen Dura Vermeer.

- J) Wat de realisatie van het project betreft, wordt de planning lopenderwijs bepaald. Er is geen harde koppeling aanwezig tussen Cradle en de planningssoftware. Er zijn verder weinig planningsproblemen geweest, alleen bij de tunneltechnische installaties zijn de testtijden problematisch. Hier was namelijk geen rekening mee gehouden tijdens de tenderfase. Dit heeft echter wel consequenties voor andere disciplines, maar hier is bij de nieuwe planning rekening mee gehouden.*
- K) De Systems Engineering werkproducten die voortkomen uit de toegepaste Systems Engineering methodiek worden voornamelijk door de uitvoering gecontroleerd door middel van reviews. Soms gebeurt dit gepland en soms toevallig. Er zijn geen vaste richtlijnen voor deze controles. Hiernaast vinden tussen verschillende ontwerpteam ook controles plaats door middel van reviews.*
- L) De meeste interactie tussen belanghebbenden in het project vindt plaats door overleggen. Hierin worden technische en projectissues met elkaar afgestemd. Er is echter geen vast communicatieprotocol aanwezig. Er zijn wel afspraken over de wijze van interactie. De beschikbaarheid van de technische informatie valt of staat bij de stabiliteit en de gebruiksvriendelijkheid van de server. Al deze documentatie zit namelijk in het digitale document management systeem.*
- M) Er vindt op dit project geen gestructureerd configuratiemanagement plaats. Ook wordt er op dit moment geen gebruik gemaakt van baselines. Impliciete baselines liggen echter wel vast in documenten die door de OG zijn geaccepteerd. Cradle is op dit moment opgedeeld in teams, waardoor items per discipline afgeschermd zijn. Op deze manier kunnen personen zonder bevoegdheid geen aanpassingen maken aan de items van andere teams.*
- N) Tijdens de tenderfase is een lijst met risico's opgesteld. Per risico worden beheersmaatregelen opgesteld en hiervan worden de kosten en het effect bekeken. Aan de hand hiervan wordt besloten of daadwerkelijk een beheersmaatregel wordt ingezet. De verantwoordelijkheid van het risicomanagement is niet expliciet duidelijk. Dhr. oude Lohuis heeft wel het idee dat er na de gunning iets meer op risico's zou kunnen worden gestuurd.*
- O) Dhr. oude Lohuis ziet de waarde van de Systems Engineering methodiek voor Dura Vermeer zeker in. Het kan alleen op dit moment wel efficiënter. De eerste belangrijke winst zit in het op een goede manier omgaan met de contracteisen, waardoor de mogelijkheden, onmogelijkheden en risico's van het contract veel beter inzichtelijk worden.*

9.4.5 Project 'Hanzelijn; Drontermeer – Zwolle': Management

Naam:	M.J.L. Schwarte
Organisatie:	Dura Vermeer Divisie Infra bv, BU Grote Projecten
Functie:	Projectmanager
Datum:	Vrijdag 9 mei 2008
Projectfunctie:	Projectmanager

Context:

Dhr. Schwarte is projectmanager op dit project. Voor hem is dit project de eerste ervaring met de Systems Engineering methodiek. Dura Vermeer voert dit project uit zonder combinanten. Dit is dus het eerste infrastructurele project dat Dura Vermeer helemaal zelfstandig op basis van de Systems Engineering methodiek uitvoert. Advin is bij dit project het verantwoordelijke ingenieursbureau, waarbij de relatie tussen Dura Vermeer en Advin als hoofdaannemer-onderaannemer te beschrijven is. Omdat beide bedrijven onderdeel zijn van Dura Vermeer Groep nv, wordt echter wel zoveel mogelijk samengewerkt om een maximaal gezamenlijk resultaat te behalen. Voor de toepassing van de Systems Engineering methodiek binnen dit project wordt gebruik gemaakt van de Systems Engineering ICT-tool Cradle 5.6 van 3SL. Dit hulpmiddel werd echter pas drie maanden na gunning geïmplementeerd.

- A) *De door ProRail voorgestelde Systems Engineering methodiek was aan het begin van de tenderfase helemaal nieuw voor de betrokken personen vanuit Dura Vermeer. Tijdens de tenderfase is dan ook niet echt op basis van de contracteisen uit de vraagspecificatie ontworpen, maar vooral op basis van ervaring. Pas na gunning zijn de contracteisen omgezet naar afgeleide systeemeisen. Deze eisenafleiding werd uitgevoerd door Advin. Advin had ook geen ervaring met de Systems Engineering methodiek, waardoor de kwaliteit van de eerste afgeleide systeemeisen slecht is. De meeste zijn niet SMART. Omdat er tijdens de periode dat Cradle niet was geïmplementeerd bijna niets aan de Systems Engineering methodiek is gedaan, moest dit gedeelte van het ontwerpproces in een moeilijk reverse engineering proces worden omgezet om in de Systems Engineering methodiek te kunnen worden ingepast. Het niveau van de eisen is gaandeweg het project wel beter geworden, al zijn de meeste systeemeisen in het begin van de ontwerpfase afgeleid. Door de werkvoorbereiding en de uitvoering vindt overigens controle van de ontwerpen en de daarbij horende eisen plaats door middel van checkprints.*
- B) *Ontwerpkeuzen worden bij dit project gemaakt op basis van trade-off matrices. Deze worden uitgevoerd door Advin. Veel ontwerpkeuzen zijn echter al impliciet gemaakt tijdens de tenderfase. De beschikbare tijd is dan het grootste probleem bij het maken van ontwerpkeuzen, waardoor er bij dit project geen gebruik is gemaakt van trade-off matrices tijdens de tenderfase. Verder is de insteek van de OG dat er moet worden gestuurd op risico's. Dit blijkt echter niet duidelijk uit de aanbestedingswijze, omdat maar heel summier wordt gecompenseerd voor een surplus aan risicobeheersing. De sturing op risico's is dus ook niet duidelijk terug te vinden in de trade-off matrices die zijn gemaakt, waardoor het voornamelijk een financiële keuze is.*
- C) *De raakvlakken worden beheerd door het houden van raakvlakkenoverleggen. Voor de omgevingsraakvlakken is een raakvlakkenmanager aangesteld. Voor de raakvlakken binnen het project vinden periodieke intra-overleggen plaats. Voor de geïdentificeerde raakvlakken wordt dan bepaald welke discipline het risico het beste kan beheersen en deze discipline wordt dan ook verantwoordelijk gemaakt voor de beheersing van het raakvlak. Zowel de interne als de externe*

raakvlakken worden ingevoerd in Cradle. Vanuit de raakvlakken volgen ook vaak risico's, vanuit deze risico's vaak beheersmaatregelen en uit deze beheersmaatregelen kunnen nieuwe systeemeisen voortkomen. Op deze manier vinden de raakvlakken hun weg binnen de Systems Engineering methodiek die bij dit project wordt gebruikt. Alleen de expliciete controle van de beheersing van de raakvlakken wordt niet uitgevoerd.

- D) *Er wordt tijdens de ontwerpfase zoveel mogelijk rekening gehouden met eisen en wensen uit de uitvoeringsfase, waarvan de eisen ook worden ingevoerd als systeemeisen. Hiernaast wordt het ontwerp voordat het geaccepteerd wordt eerst door de uitvoering gecontroleerd door middel van checkprints. Wat op dit moment wel een probleem is, is dat het ontwerp niet genoeg voorloopt op de uitvoering, waardoor er erg weinig tijd overblijft voor deze controleslag.*
- E) *Het hoofd ontwerp van Advin is hiervoor verantwoordelijk. Dit wordt door de werkvoorbereiding ook nog gecontroleerd met behulp van checkprints, maar de eindverantwoordelijke hiervoor blijft het hoofd ontwerp van Advin. Op welke wijze het hoofd ontwerp deze integratie bewaakt, is niet volledig duidelijk. Er vindt in ieder geval binnen het ingenieursbureau nu wel veel overleg plaats tussen de verschillende ontwerpdisciplines.*
- F) *In het begin vonden er helemaal geen verificaties plaats. Dit is gaandeweg de loop van het project opgepakt. Er moest veel worden ingehaald, maar hierbij is wel gewerkt met verificatieplannen en -rapporten. Uit verificaties waaruit afwijkingen voortkomen, volgen corrigerende maatregelen.*
- G) *De vertaling van de vraagspecificatie in systeemeisen wordt ter kennisgeving naar de OG verzonden. Dit wordt opgevat als de validatie door de OG. Verder wordt er niets met validatie gedaan, maar hierop wordt ook niet gestuurd door de OG.*
- H) *De hulpmiddelen die worden gebruikt bij de uitvoering van de Systems Engineering bedrijfsprocessen worden op de projecten getest. Op basis van deze ervaring blijkt dat of de hulpmiddelen geschikt zijn voor het beoogde doel en of ze de voldoen aan de wens van Dura Vermeer. Eind 2006 is Cradle 5.6 van 3SL aangekocht en geïmplementeerd als Systems Engineering ICT-tool. Verder wordt gebruik gemaakt van Organice van Cadac voor het configuratiemanagement, VISI van Bakker & Spees voor de projectcommunicatie en Primavera Project Planner van Primavera voor de planning. Al deze programma's hebben zich reeds bewezen op het gebied waarvoor ze worden gebruikt. Het implementeren van deze tools vindt voornamelijk informeel plaats, waarbij de uitleg tussen het personeel onderling wordt gegeven door het personeel dat het programma het meest gebruikt. Met betrekking tot het personeel zijn er geen speciale selectiemethoden. Een gedeelte komt uit de eigen organisatie en de rest wordt van buitenaf aangetrokken. Hierbij wordt nu echter nog niet geselecteerd op Systems Engineering capaciteiten. In de tenderfase en in het begin van de ontwerpfase was wel dhr. Bode gestationeerd bij dit project. Hij had reeds ervaring met de Systems Engineering methodiek opgedaan bij het HSL-Zuid project en heeft nog een Systems Engineering masterclass gevolgd.*
- I) *In het begin van de ontwerpfase zijn er veel periodieke overleggen geweest om de bedrijfsprocessen die voortvloeien uit de Systems Engineering methodiek te beheren en te verbeteren. Er zijn nog geen organisatiebrede processen vastgesteld, maar er wordt wel gebruik gemaakt van ervaringen die zijn opgedaan bij andere infrastructurele projecten op basis van geïntegreerde contractvormen. Binnen het project is mevr. Beuwer het aanspreekpunt voor vragen en voor-*

gestelde aanpassingen en verbeteringen aan de toegepaste Systems Engineering methodiek. Dit is ook bij iedereen die bij de Systems Engineering methodiek betrokken is op dit project duidelijk. Mevr. Beuwer heeft zelf op haar beurt weer zitting in de Cradle heavy-user groep. Deze groep heeft periodieke overleggen om tot een organisatiebrede toepassing van de Systems Engineering methodiek bij grote infrastructurele projecten op basis van geïntegreerde contractvormen binnen Dura Vermeer te komen.

- J) *De mijlpalen in de planning zijn wel heilig, maar er wordt niets gebouwd voordat alle systeemeisen daarvan geaccepteerd zijn. Wanneer er voor een bepaald object iets zou veranderen in de systeemeisen, dan moet dit eerst worden opgelost. In het WP, dat een onderdeel is van de WBS, is dan zichtbaar dat niet alle eisen zijn geaccepteerd. De koppeling tussen Cradle en Primavera Project Planner is niet direct, maar de persoon die bij dit project de functie van systems engineer bekleedt, is tevens de planner. Mede hierdoor loopt dit proces nu erg goed binnen het project.*
- K) *Werkproducten die volgen uit de toegepaste Systems Engineering methodiek worden gecontroleerd met behulp van checkprints. Wanneer afwijkingen worden geconstateerd, dan worden hierop corrigerende maatregelen genomen. Er wordt zoveel mogelijk geprobeerd om deze controle neer te leggen bij een andere afdeling dan diegene die verantwoordelijk is voor het werkproduct. Dit is op dit moment echter nog niet formeel geregeld. Er wordt geen gebruik gemaakt van statistieken.*
- L) *Er vinden heel veel periodieke overleggen plaats. Er zijn bouwvergaderingen, uitvoeringsvergaderingen en ontwerpvergaderingen waarbij ProRail ook betrokken is. Dit is allemaal geregeld in het projectmanagementplan. In deze vergaderingen worden zowel technische als projectissues besproken. Uit de besluiten die worden genomen in de bouwvergaderingen kunnen ook nieuwe systeemeisen voortkomen. Binnen de projectorganisatie vinden ook erg veel overleggen plaats, waaruit ook nieuwe systeemeisen kunnen voortvloeien. Dit is echter niet formeel geregeld.*
- M) *In het begin van de ontwerpfase werd het configuratiemanagement bijgehouden met behulp van spreadsheets. Omdat deze manier van werken niet meer voldeed aan de wensen van Dura Vermeer met betrekking tot de kwaliteit van het configuratiemanagement is besloten om over te gaan op Organice van Cadac. Dit werkt op dit moment nog niet optimaal, maar gaat al wel veel beter. Er is een verantwoordelijke aangesteld voor het configuratiemanagement.*
- N) *Tijdens de tenderfase zijn er – in overleg met de OG – risico's opgesteld en deze zijn omgezet in een geldwaarde. Deze waarde is echter niet meegenomen in de aanneemsom. Dit is destijds een bewuste beleidskeuze geweest. Aan ieder geïdentificeerd risico is een verantwoordelijke toegewezen en deze bepaalt of er beheersmaatregelen moeten worden getroffen.*
- O) *De toepassing van de Systems Engineering methodiek is een noodzaak bij grote infrastructurele projecten. Het bespaart tijd en geld en is echt de toekomst voor de beheersing van dit soort projecten. Of het op dit moment bij dit project ook geld en tijd oplevert, is de vraag. Er wordt nu op dit project leergeld betaald, dus is het effect nu lastig in te schatten. Wat effectiviteit betreft gaat het goed, maar wat efficiëntie betreft is er nog een slag te maken. Sommige Systems Engineering bedrijfsprocessen zijn nu gewoon nog te moeilijk, terwijl er wel ideeën zijn over hoe ze efficiënter zouden kunnen lopen. Door keuzes die in het begin zijn gemaakt, is dit tijdens lopende projecten echter niet altijd aan te passen.*

9.4.6 Project 'Hanzelijn; Drontermeer – Zwolle': Systems Engineering

Naam:	C.A. Beuwer
Organisatie:	Dura Vermeer Divisie Infra bv, BU Grote Projecten
Functie:	Werkvoorbereider
Datum:	Vrijdag 9 mei 2008
Projectfunctie:	Systems Engineer

Context:

Mevr. Beuwer bekleedt de functie van systems engineer bij dit project. Zij is niet vanaf de start van het project betrokken geweest, omdat zij toen nog niet werkzaam was bij Dura Vermeer. Mevr. Beuwer is in eerste instantie aangenomen voor de projectplanning, die wordt gemaakt door de werkvoorbereiding. Vanuit die positie, en door haar affiniteit met ICT, is zij eigenlijk automatisch de functie van systems engineer gaan bekleden binnen de projectorganisatie, waarbij zij in het begin werd bijgestaan door dhr. Bode. Mevr. Beuwer had bij haar vorige werkgever reeds ervaring met Systems Engineering in meerdere tenderfases, maar had geen speciale cursus of opleiding hiervoor gehad. Zij was enthousiast om bij Dura Vermeer de Systems Engineering en de Systems Engineering ICT-tool Cradle 5.6 van 3SL die daarvoor wordt gebruikt naar een hoger niveau te tillen.

- A) De contracteisen zijn door ProRail geleverd in de vraagspecificatie. De ontwerp- en realisatie-eisen staan in de eisenspecificatie, in de SoW staan de proceseisen. Realisatie-eis voorbeeld: de weg mag maximaal twee keer afgesloten zijn. De weg mag alleen afgesloten worden tussen 20.00 en 6.00 uur. Proceseis voorbeeld: Er moet een grondstromenplan worden opgesteld, deze moet voldoen aan... De contracteisen uit de eisenspecificatie zijn door ingenieursbureau Advin omgezet in afgeleide systeemeisen en ingevoerd in Cradle. Dit gebeurde echter pas na gunning. Op dit moment is dit gedeelte van de systeemeisen SMART en dus controleerbaar, maar hieraan voorafgaand werd bij Advin eigenlijk alleen maar gewerkt met ontwerpnotities. Hieruit kon het grootste gedeelte van de afgeleide eisen worden afgeleid. De proceseisen die voortkomen uit de SoW zijn echter nog lang niet allemaal opgenomen in Cradle. Aan deze contracteisen wordt nu impliciet voldaan, maar er is nu een proces aan de gang om deze proceseisen alsnog in te voeren in Cradle. Mevr. Beuwer is niet verantwoordelijk voor de inhoud van Cradle, dat is het hele projectteam. Zij controleert echter een groot deel van de inhoud van Cradle om ervoor te zorgen dat mensen aandacht blijven besteden aan wat zij in Cradle zetten. Hierdoor kunnen mensen gericht leren van fouten die worden gemaakt. Zij controleert deels vanuit haar systems engineer functie of Cradle op de juiste manier wordt gebruikt. Verder controleert zij uit haar functie van werkvoorbereider om te kijken of inhoudelijk de eisen goed zijn verwoord en of de afgeleide eisen de bovenliggende klanteisen wel volledig afdekken.
- B) Ontwerpkeuzen worden gemaakt op basis van ervaring en overleg tussen collega's. Dit gebeurt voornamelijk bij Advin. Er worden geen trade-off matrices ingevoerd in Cradle. De uitkomsten hiervan zijn echter wel terug te vinden in Cradle. Bijv. een prefab liggenderdek of een in het werk gestort dek. De afgeleide eisen worden verder uitgewerkt naar aanleiding van de trade-off matrices. Bij ontwerpkeuzes wordt niet echt gebruik gemaakt van de functieboom.
- C) Raakvlakken die worden geïdentificeerd, zowel intern (tussen disciplines) als extern (met omgeving), worden gekoppeld aan activiteiten uit de WBS. De raakvlakken worden behandeld als risico's. Ieder risico wordt gekoppeld aan een verantwoordelijke. Deze verantwoordelijke beslist

welke beheersmaatregelen gebruikt worden om het risico in te dammen en vanuit deze beheersmaatregelen kunnen weer nieuwe systeemeisen voortkomen.

- D) *Hierover kan mevr. Beuwer geen informatie verschaffen, omdat ze toen nog niet werkzaam was bij Dura Vermeer.*
- E) *Hoe het proces van de integratie van subsystemen in het volledige systeem plaatsvindt, is nog niet formeel vastgelegd. Op dit moment gebeurt dat informeel op basis van ervaring bij het ingenieursbureau. Een groot deel wordt natuurlijk ook afgedekt door de afgeleide systeemeisen en uit de systeemeisen die kunnen voortvloeien uit de geïdentificeerde raakvlakken.*
- F) *Verificatie vindt plaats door middel van verificatie van het ontwerp en keuringen tijdens de realisatie. Tijdens het ontwerp wordt gecontroleerd of de ontwerpen voldoen aan alle afgeleide systeemeisen die van toepassing zijn op het object dat wordt ontworpen. Dit gebeurt door het ingenieursbureau. De keuringen in het werk worden per WP opgesteld door de werkvoorbereiding en uitgevoerd door de uitvoering en de werkvoorbereiding. Voor de verificaties geldt dat er plannen voor worden opgesteld en dat achteraf wordt gerapporteerd. Voor de keuringen geldt hetzelfde. Wanneer blijkt dat iets afwijkt worden hierop maatregelen genomen.*
- G) *Aan validatie wordt niet gedaan binnen dit project. De OG vraagt hier ook niet naar.*
- H) *Het toezicht op de inzet van de geschikte hulpmiddelen en personeel voor het werken met de Systems Engineering methodiek is de taak van dhr. Schwarte, in zijn functie als projectmanager. Met betrekking tot de hulpmiddelen werd de keuze voor Cradle door de informele voorganger van BU Grote Projecten gemaakt. Het personeel wordt geselecteerd op kunde, maar niet specifiek op kennis over de Systems Engineering methodiek. Mevr. Beuwer heeft zelf een interne cursus van dhr. Bode gekregen en als zij vragen over de Systems Engineering methodiek of over Cradle heeft, kan zij zich richten tot dhr. Bode en dhr. oude Lohuis waarmee zij ook zitting heeft in de Cradle heavy-user groep. Mevr. Beuwer is verantwoordelijk voor de uitleg aan andere projectmedewerkers en zij is ook de persoon tot wie de vragen van de projectmedewerkers worden gericht.*
- I) *De bedrijfsprocessen die voortvloeien uit de toegepaste Systems Engineering methodiek worden beheerd en verbeterd door een inventarisatie van de klachten en opmerkingen onder de betrokken medewerkers. Mevr. Beuwer bekijkt per klacht of opmerking of hier wat mee kan worden gedaan, waarmee ze ook rekening houdt met de moeite die het kost om veranderingen aan te brengen. Onafhankelijk van het feit of er op het project wat wordt gedaan met de klacht of opmerking, worden ze in ieder geval meegenomen naar de tweewekelijkse vergadering van de heavy-user groep. Hier worden alle opmerkingen en klachten gebruikt om de gewenste toepassing van de Systems Engineering bedrijfsprocessen te realiseren en de uitwerking hiervan in Cradle. Deze heavy-user groep communiceert nu ook met elkaar door middel van een open forum via het bedrijfsintranet.*
- J) *Op dit moment is de planning nog niet direct gekoppeld aan de WBS. Als de OG echter strenger gaat worden, gaat dit wel een probleem opleveren. Het gebeurt nu af en toe dat er zaken worden gerealiseerd waarvan het ontwerp nog niet officieel is geaccepteerd. Over het algemeen genomen is de planning de drijfveer voor de realisatietechnieken die worden toegepast.*

- K) *De werkproducten die voortvloeien uit de toegepaste Systems Engineering methodiek worden door middel van het contract voorgeschreven door de OG. De basisvraag van de OG is inzicht in het proces via WP's. De controle dat de WP's volgens de doelstelling worden gemaakt, wordt eigenlijk gedaan door Cradle, omdat hierin de standaard is bepaald. Voordat WP's de definitieve status krijgen worden ze eerst door middel van checkprints gecontroleerd door de ontwerp- en uitvoeringsafdelingen van de projectorganisatie die bij het WP betrokken zijn. Wanneer er afwijkingen worden geconstateerd bij WP's, dan worden hierop maatregelen genomen. Er wordt verder geen gebruik gemaakt van statistieken bij de bewaking van management-, technische en procesfuncties.*
- L) *De interactie tussen de belanghebbenden binnen het project vindt plaats door middel van overleggen en met het programma VISI van Bakker & Spees. Er vinden verschillende overleggen plaats met de OG, maar als zaken juridisch moeten worden vastgelegd, gaat dat via de notulen van de bouwvergadering. Hier worden ook aangepaste of nieuwe contracteisen doorgevoerd en hiernaast kunnen ook scopewijzigingen plaatsvinden. Dit zijn ingrijpendere veranderingen, die om deze reden ook via VISI moeten worden doorgegeven. Vanuit de notulen van de bouwvergaderingen en VISI vinden aanpassingen aan, of volledig nieuwe contracteisen hun weg naar Cradle. Dit is geen formeel proces, maar dit gaat wel altijd goed. Tussen de verschillende onderdelen van de projectorganisatie vinden ook overleggen plaats, maar dit is ook niet in alle gevallen formeel geregeld. Ook op deze manier kunnen nieuwe systeemeisen ontstaan en deze vinden ook informeel hun weg naar de toegepaste Systems Engineering methodiek.*
- M) *Voor het configuratiemanagement wordt een distributielijst in een spreadsheet gebruikt, in combinatie met een document management systeem in Cradle. Het document staat dus onder een bepaald versienummer opgeslagen in Cradle en in de distributielijst – die geen koppeling heeft met Cradle – is te vinden wie in het bezit is van welke versie. Het is niet zo dat alle belanghebbenden toegang hebben tot Cradle. Hierom wordt wekelijks de distributielijst met daarop de laatste versies van de tekeningen aan alle belanghebbenden verstrekt.*
- N) *De risico's binnen het project worden gemanaged door het risicomanagementteam. Wanneer risico's worden geïdentificeerd, worden deze doorgegeven aan het risicomanagementteam. Zij zijn verantwoordelijk voor het nemen van beheersmaatregelen. De risico's beslaan technische, economische en planningsrisico's. De risico's worden bepaald en ingedeeld met behulp van FMECA's. Dit gebeurt allemaal in Cradle. Ook de beheersmaatregelen worden weergegeven met behulp van FMECA's waardoor het mogelijk is om de restrisico's van een maatregelen weer te geven. Dit alles is opgenomen in Cradle.*
- O) *Mevr. Beuwer geeft aan dat zij de waarde van de Systems Engineering methodiek voor Dura Vermeer zeker ziet. Ten eerste is het van groot belang bij de bewijsvoering voor het ontwerp en de realisatie van grote infrastructurele projecten op basis van geïntegreerde contractvormen. Dit belang wordt door de hele projectorganisatie gezien. Daarnaast is het van grote waarde bij het gestructureerd controleren van uitgevoerde werkzaamheden. Doordat je door de toegepaste methodiek gedwongen worden om gestructureerd te controleren, loop je veel minder kans om te lang op de verkeerde manier door te gaan. Dit kan veel tijd en geld schelen. Ten derde heeft het ook duidelijk waarde voor de ontwerpende partij. In tegenstelling tot de vroeger gebruikte ontwerpnotities zijn zij nu echt in staat om het uitgedachte ontwerp volledig af te dekken op basis van de afgeleide systeemeisen. Wat effectiviteit betreft zit het wel goed met de toegepaste Systems Engineering methodiek. Op het vlak van de efficiëntie is er echter nog veel winst te*

boeken. Ten eerste moet er een organisatiebrede standaard worden ontwikkeld, waardoor er ook over projecten heen kan worden geleerd. Daarnaast moeten de uitdraaien van Cradle veel gebruiksvriendelijker worden, zowel ten opzichte van de medewerkers van Dura Vermeer als ten opzichte van de OG. Om deze punten die efficiënter kunnen lopen ook daadwerkelijk efficiënter te laten lopen is de heavy user groep op dit moment druk met het ontwikkelen van een organisatiebreed standaardmodel, een bijbehorende handleiding en een introductiecursus.

9.4.7 Project 'Reconstructie A28 – Hogeweg Amersfoort': Management

Naam:	G.M. de Boer
Organisatie:	Dura Vermeer Infrastructuur bv, regio Midden-West
Functie:	Projectleider
Datum:	Woensdag 7 mei 2008
Projectfunctie:	Projectleider

Context:

Dhr. de Boer is projectleider bij dit project. Dit is het eerste project waarbij hij betrokken is, waar de Systems Engineering methodiek wordt toegepast. De OG van dit project is een combinatie van RWS en Gemeente Amersfoort die worden vertegenwoordigd door ingenieursbureau Westenberg. De overleggen op contractniveau vinden dus plaats met medewerkers van dit ingenieursbureau. Dura Vermeer Infrastructuur bv, regio Midden-West is bij dit project de hoofdaannemer en het ontwerp wordt uitgevoerd door ingenieursbureau Advin. Voor het toepassen van de Systems Engineering methodiek wordt gebruik gemaakt van de Systems Engineering ICT-tool Cradle 5.6 van 3SL. Het datamodel dat wordt gebruikt, is een combinatie van de datamodellen die worden gebruikt bij project 'overkappingsconstructie A2 Utrecht' en bij project 'Hanzelijn; Drontermeer – Zwolle'.

- A) *Er is een vraagspecificatie binnengekomen die de standaard opbouw heeft van de RWS vraagspecificaties. De eisen die hier in staan zijn niet heel erg gedetailleerd, maar wel gedetailleerd genoeg voor het afbakenen van het resultaat dat de OG in gedachten heeft. Het contract wordt officieel een D&C-contract genoemd, maar heeft meer weg van een E&C-contract. De contracteisen zijn na gunning door Advin omgezet in systeemeisen, echter de controle en de eindverantwoording hiervoor ligt bij Dura Vermeer.*
- B) *Wat ontwerpkeuzen betreft, is er bijna geen ontwerp vrijheid te vinden in het contract. Om deze reden wordt ook geen gebruik gemaakt van trade-off matrices. Het interessante bij dit project zijn meer de realisatie-eisen, die veel voorwaarden scheppen met betrekking tot de logistiek van het project. Op logistiek gebied worden wel keuzes gemaakt, maar deze worden niet uitgewerkt in trade-off matrices. Dit mede omdat deze keuzes geen effect hebben op het geleverde eindresultaat, maar alleen op de interne bedrijfsvoering de projectorganisatie.*
- C) *Wat betreft de raakvlakken binnen het project zijn er nog veel die moeten worden benoemd. Er is een periodiek raakvlakkenoverleg waar de geïdentificeerde raakvlakken worden besproken. De raakvlakken worden ook ingevoerd in Cradle en kunnen leiden tot nieuwe of aangepaste systeemeisen.*
- D) *Bij het ontwerp wordt rekening gehouden met uitvoeringstechnieken. Tijdens de tenderfase vindt overleg plaats tussen de calculatieafdeling en Advin en tijdens de ontwerpfase tussen de uitvoering en Advin. Op deze manier is de uitvoering ook verantwoordelijk voor de maakbaarheid van het ontwerp.*
- E) *De integratie van de subsystemen in het volledige systeem wordt bewaakt door het engineeringsoverleg dat plaatsvindt bij Advin. Daarnaast worden bijna alle ontwerpwerkzaamheden uitgevoerd door hetzelfde ontwerpteam. Op deze manier is het risico erg klein dat er integratieproblemen zullen ontstaan.*

- F) *De verificaties worden zowel tijdens de ontwerpfase als tijdens de uitvoeringsfase uitgevoerd. Tijdens de ontwerpfase is Advin verantwoordelijk voor de verificaties. Ze worden echter wel door Dura Vermeer gecontroleerd op volledigheid. Er worden zowel verificatieplannen als -rapporten gemaakt. Tijdens de uitvoeringsfase worden keuringen uitgevoerd voor de uitvoering. Ook deze keuringen worden gecontroleerd op volledigheid. Voor de keuringen worden ook zowel keuringsplannen als -rapporten opgesteld.*
- G) *Volgens dhr. De Boer wordt aan validatie nog niets gedaan. Er is echter ook geen vraag hier naar vanuit de OG.*
- H) *Het personeel dat wordt ingezet voor het werken met de Systems Engineering methodiek wordt geselecteerd op ervaring met grote projecten en op basis van affiniteit met ICT. Er worden interne cursussen gegeven waarin de toegepaste Systems Engineering methodiek wordt uitgelegd. Cradle 5.6 van 3SL is organisatiebreed gekozen en geïmplementeerd als Systems Engineering ICT-tool en voldoet tot nu toe aan de verwachtingen. Wanneer er problemen zijn op het gebied van de Systems Engineering methodiek of de manier hoe hiermee wordt gewerkt, wordt dit voorgelegd aan dhr. Bode.*
- I) *Het beheren en verbeteren van de bedrijfsprocessen die voortkomen uit de Systems Engineering methodiek wordt voornamelijk bewaakt door dhr. Bode.*
- J) *De planning wordt uitgevoerd met behulp van planningssoftware. Er is geen directe koppeling tussen de planning en de WBS, maar deze worden wel op elkaar afgestemd. De systeemeisen blijken wel steeds meer leidend te worden ten opzichte van de planning.*
- K) *De werkproducten die voortvloeien uit de Systems Engineering methodiek worden niet echt vergeleken met doelstellingen daarvan. Voor zover het gebeurt worden de doelstellingen bepaald door wat de OG in de vraagspecificatie bepaald.*
- L) *De interactie met de verschillende belanghebbenden in het project vindt voornamelijk plaats door middel van overleggen. Zo is er een vierwekelijks projectoverleg met de OG en een tweewekelijks afstemmingsoverleg. In deze overleggen wordt zowel over technische als over projectproblemen gesproken. Ook binnen de Dura Vermeer vinden veel overleggen plaats. De overleggen vinden voornamelijk plaats als toetsing van het systeem, maar wanneer het nodig blijkt kunnen ze ook leiden tot nieuwe afgeleide systeemeisen of aanpassing van reeds bestaande.*
- M) *Voor het configuratiemanagement gaat binnenkort Organice gebruikt worden als hulpmiddel. Op dit moment gebeurt het voornamelijk nog niet digitaal.*
- N) *De risico's zijn geïdentificeerd tijdens de tenderfase. Voor alle risico's zijn toen beheersmaatregelen bedacht. Er is echter geen kansfactor meegenomen, waardoor de risico's niet in geld kunnen worden uitgedrukt.*
- O) *Dhr. De Boer ziet de waarde van de Systems Engineering methodiek voor Dura Vermeer in. Wat effectiviteit betreft voldoet de methodiek en Cradle. Wat efficiëntie betreft zijn er echt nog zaken die beter kunnen lopen. Het is ook van belang dat de methodiek goed schaalbaar wordt, zodat voor een klein en relatief eenvoudig project, niet hetzelfde systeem hoeft te worden gebruikt als voor een groot en complex project.*

9.4.8 Project 'Reconstructie A28 – Hogeweg Amersfoort': Systems Engineering

Naam:	J.P.M. den Hertog - Jansen
Organisatie:	Dura Vermeer Infrastructuur bv, regio Noord-West
Functie:	Projectcoördinator
Datum:	Donderdag 8 mei 2008
Projectfunctie:	Hoofd Ontwerp

Context:

Mevr. Den Hertog Jansen bekleedt de functie van systems engineer bij dit project. Voorafgaand aan dit project had zijn nog geen ervaring met de Systems Engineering methodiek. De OG van dit project is een combinatie van RWS en Gemeente Amersfoort die worden vertegenwoordigd door ingenieursbureau Westenberg. De overleggen op contractniveau vinden dus plaats met medewerkers van dit ingenieursbureau. Dura Vermeer Infrastructuur bv, regio Midden-West is bij dit project de hoofdaannemer en het ontwerp wordt uitgevoerd door ingenieursbureau Advin. Voor het toepassen van de Systems Engineering methodiek wordt gebruik gemaakt van de Systems Engineering ICT-tool Cradle 5.6 van 3SL. Het datamodel dat wordt gebruikt, is een combinatie van de datamodellen die worden gebruikt bij project 'overkappingsconstructie A2 Utrecht' en bij project 'Hanzelijn; Drontermeer – Zwolle'.

- A) *Er is een vraagspecificatie binnen gekomen met daarin alle contracteisen. Er zat geen structuur in deze eisen, dus er wordt zelf een hiërarchie in aangebracht door Dura Vermeer en Advin. Hiermee is Advin nog bezig. Het omzetten van de contracteisen in SMART systeemeisen wordt daarna door Advin uitgevoerd. Dura Vermeer controleert zelf de kwaliteit van deze afgeleide systeemeisen. Er zijn verder geen RAMS-eisen gesteld door de OG. Verder wordt er wel gebruik gemaakt van baselines binnen dit project, waarmee het omzetten van de contracteisen in systeemeisen kan worden vastgelegd.*
- B) *Wat ontwerpkeuzes betreft is het project niet zo heel interessant. Bijna alles ligt al vast. Het contract zou ook eerder als E&C kunnen worden omschreven dan als D&C. De keuzes die wel door Dura Vermeer worden gemaakt zitten vooral op het financiële en het praktische vlak, maar dit zijn eigenlijk allemaal keuzen die geen enkele invloed hebben op het geleverde eindproduct. Door deze opsomming van redenen wordt er geen gebruik gemaakt van trade-off matrices voor het bepalen en documenteren van ontwerpkeuzen. De OG heeft bijvoorbeeld ook geen functieboom opgesteld en verwacht ook niet van Dura Vermeer dat zij daar mee gaat werken.*
- C) *Raakvlakken die worden geïdentificeerd worden ingevoerd in Cradle. Er vinden ook raakvlakkenoverleggen plaats. Er wordt nu een handleiding geschreven over de manier waarop met raakvlakken om moet worden gegaan, maar op dit moment gebeurt dit nog grotendeels informeel.*
- D) *Tijdens de ontwerpfase wordt rekening gehouden met de eisen en de wensen van de uitvoering door middel van het engineeringoverleg. Dit overleg vindt tweewekelijks plaats. De verantwoordelijkheid voor de maakbaarheid ligt bij de uitvoering.*
- E) *Het bewaken van de integratie van de ontwerpen van de subsystemen in het volledige systeem zou plaats moeten vinden via de afgeleide systeemeisen. Dit is echter nog een heikel punt, want deze methode blijkt geen garantie te leveren voor de integratie. Dit komt voornamelijk*

doordat er geen hiërarchie aanwezig is in de contracteisen. Er wordt nog gezocht naar een methode die wel garandeert dat er zich geen problemen voordoen bij de intergratie.

- F) Verificaties vinden plaats voor iedere laagst afgeleide eis. Dit zijn dus de afgeleide systeemeisen in de eisenboom waaruit zelf geen nieuwe eisen meer worden afgeleid. Verificatie vindt plaats voor het definitief ontwerp en voor het uitvoeringsontwerp. Er worden zowel verificatieplannen, als verificatierapporten gemaakt. Dura Vermeer controleert Advin op het daadwerkelijk uitvoeren van de verificaties. Met betrekking tot de keuringen worden er wel keuringsplannen gemaakt. Achteraf zullen ook keuringsrapporten van de keuringen worden gemaakt, maar in dit stadium bevindt het project zich nog niet. Wanneer tijdens dit gehele verificatieproces afwijkingen worden gevonden, dan worden hierop acties ondernomen.*
- G) De insteek bij de validatie is, dat er wordt gevalideerd op het moment dat de afgeleide systeemeisen allemaal zijn aangetoond. We zijn ons er ook van bewust dat dit niet helemaal klopt. Er wordt door de OG echter geen aandacht aan gegeven en er is ook geen manier voorhanden waarmee nu wel eenvoudig kan worden gevalideerd.*
- H) Met betrekking tot het personeel dat wordt ingezet op dit project is er gekeken naar capabele personen, zowel binnen Dura Vermeer als buiten de organisatie. Hiernaast wordt gekeken naar de ervaring die personen hebben bij het werken op grote infrastructurele projecten of naar de opleiding die iemand heeft gevolgd. Hiernaast is dhr. De Boer een strakke projectleider, die alles wat gebeurt erg goed in de gaten houdt. Met betrekking tot de Systems Engineering methodiek en het gebruik van Cradle als Systems Engineering ICT-tool is er een interne toelichting gegeven door dhr. Bode, in zijn functie als adviseur met betrekking tot de toepassing van de Systems Engineering methodiek en het gebruik van Cradle. Hiernaast wordt ook een werknemer van Advin nauw betrokken bij alle ontwikkelingen met betrekking tot de Systems Engineering methodiek. Ook wordt er veel gekeken naar andere projecten binnen Dura Vermeer die op deze manier worden uitgevoerd. Als hulpmiddelen worden Cradle 5.6 van 3SL en Organice van Cadac gebruikt, waarvoor ook interne cursussen worden gegeven.*
- I) De bedrijfsprocessen die voortkomen uit de toegepaste Systems Engineering methodiek komen voornamelijk voort uit het gebruikte datamodel. Dit is een combinatie van de datamodellen die gebruikt worden bij project 'Overkappingsconstructie A2 Utrecht en project 'Hanzelijn; Drontermeer – Zwolle'. Gaandeweg het project worden verbeteringen doorgevoerd. Dit gebeurt in overleg met de heavy-user groep. Er heerst een open sfeer bij het project, waardoor mensen worden aangemoedigd om verbeteringen voor het systeem aan te dragen. Er wordt binnen het project wel gewerkt met standaard werkwijzen, maar deze zijn niet formeel vastgelegd.*
- J) De planning vindt plaats met speciale planningssoftware en wordt continu bijgehouden. De planning en de WBS uit Cradle oefenen invloed op elkaar uit en worden ook op elkaar afgestemd, maar het is niet met elkaar geïntegreerd.*
- K) De doelstellingen waaraan de Systems Engineering werkproducten moeten voldoen, staan als formats omschreven in de vraagspecificatie van de OG. Er wordt dus door Dura Vermeer gecontroleerd dat er wordt voldaan aan deze formats en als dit niet het geval is, worden er maatregelen genomen. Er worden overigens geen statistieken gebruikt bij de beoordeling van de Systems Engineering werkproducten.*

- L) *De interactie tussen de verschillende belanghebbenden binnen het project vindt voornamelijk plaats door middel van overleggen. Er is een tweewekelijks overleg tussen Dura Vermeer en de OG, waarbij ook Advin aanwezig is. Hierin worden zowel technische als projectproblemen besproken. In detail gaan is ook mogelijk, maar dan komt het antwoord van de OG vaak later. Deze overleggen kunnen leiden tot aanpassingen van de afgeleide systeemeisen. De OG maakt overigens geen gebruik van Cradle. Naast dit overleg met de OG vinden er intern ook veel overleggen plaats. Ook deze kunnen leiden tot aanpassingen van afgeleide systeemeisen.*
- M) *Het configuratiemanagement voor dit project is nog in ontwikkeling. Er wordt nu gebruik gemaakt van een Document Beheer Systeem in Cradle. Dit werkt echter niet naar wens. In de toekomst gaat dit overgenomen worden door Organice van Cadac.*
- N) *Risicomanagement wordt uitgevoerd bij dit project. In Cradle wordt een lijst van alle geïdentificeerde risico's bijgehouden. Hier zijn kansen aan gekoppeld, waardoor de risico's in een rangorde zijn te plaatsen. Ook is het hierdoor mogelijk om de risico's in geldwaarden uit te drukken. Dit alles is ook beschreven in het managementplan, waarin ook risicocategorieën zijn bepaald en de manier waarop gereageerd moet worden op de risicocategorieën.*
- O) *Mevr. Den Hertog Jansen ziet zeker waarde in de Systems Engineering methodiek voor Dura Vermeer. Met betrekking tot de effectiviteit van de Systems Engineering methodiek binnen het project is zij op zich tevreden, al zijn er nog verschillende methoden van benaderen en toepassen van de Systems Engineering methodiek binnen Dura Vermeer. Dit heeft te maken met de verschillende projecten die nu nog in uitvoering zijn. De samenwerking tussen de verschillende werkmaatschappijen en projecten is redelijk goed. Echter, om meer eenduidigheid te krijgen binnen Dura Vermeer is het belangrijk dat Dura Vermeer een lijn uitzet die bepaalt hoe de toepassing van de Systems Engineering methodiek opgepakt dient te worden. Dit zou de effectiviteit zeker ten goede komen.*

9.4.9 Dura Vermeer, BU Grote Projecten: Process Management

Naam:	R. Bode
Organisatie:	Dura Vermeer Divisie Infra bv, BU Grote Projecten
Functie:	Projectmanager
Datum:	Donderdag 8 mei 2008
Projectfunctie:	n.v.t.

Context:

Dhr. Bode is projectmanager bij Dura Vermeer, BU Grote Projecten en is bij veel projecten betrokken als tendermanager. Vanuit zijn ervaring die hij heeft opgedaan bij het HSL-Zuid project, is hij in contact gekomen met de Systems Engineering methodiek. Dit was namelijk een van de eerste Nederlandse GWW-projecten die op basis van deze methodiek is uitgevoerd. Dhr. Bode was door deze ervaring de aangewezen persoon om de Systems Engineering processen te integreren met de bestaande bedrijfsprocessen binnen Dura Vermeer. Een belangrijke stap hierin was de introductie van Cradle 5.6 van 3SL als Systems Engineering ICT-tool, die door alle Dura Vermeer projecten op basis van geïntegreerde contractvormen gebruikt moet gaan worden. Dhr. Bode weet door zijn werkzaamheden veel van de stand van zaken op de projecten die op basis van geïntegreerde contractvormen worden uitgevoerd en hij zal in dit interview de algemene stand van zaken op het gebied van de Systems Engineering deskundigheid openbaren.

- A) *De contracteisen, ook wel klanteisen genaamd, komen aan de start van de tenderfase binnen bij Dura Vermeer. Op dit moment gebeurt er tijdens de tenderfase eigenlijk niets met de contracteisen, waardoor dit na eventuele gunning als een last wordt meegenomen in een moeilijk reverse engineering proces. 80 tot 90 procent van de contracteisen worden tijdens de ontwerpfase afgeleid door ingenieursbureaus in onderaanneming. Het overige gedeelte eisen zijn realisatie-eisen die moeten worden afgeleid door de werkvoorbereiding en de uitvoering. De kwaliteit van de afgeleide eisen moet worden gecontroleerd door de werkvoorbereiding en de uitvoering. Dit gebeurt door middel van checkprints. De officiële verificatie via Cradle van de ontwerp-eisen moet worden uitgevoerd door zowel het ontwerp als door de uitvoering. De uitvoering is namelijk verantwoordelijk voor de maakbaarheid van het ontwerp.*
- B) *De ontwerpkeuzen worden op dit moment deels op basis van de eisen gemaakt. Het ligt eraan in welke fase van het project de ontwerpkeuze wordt gemaakt, wat voor soort eis dat is. Zoals uit A volgt, is de kans in de tenderfase aanwezig dat deze ontwerpkeuze op basis van de contracteisen plaatsvindt en niet op basis van afgeleide systeemeisen. Als er meerdere ontwerp-mogelijkheden zijn, wordt gebruik gemaakt van trade-off matrices. Hierin worden de RAMS-eisen echter nog niet genoeg betrokken en wordt meestal een puur financiële afweging gemaakt. Van functies een functieboom wordt nog niet echt gebruik gemaakt binnen Dura Vermeer. De kwaliteit van de ontwerpkeuzen kan – wanneer een trade-off matrix is gemaakt – in Cradle worden gecontroleerd door de werkvoorbereiding.*
- C) *Er wordt actief naar raakvlakken gezocht. Wanneer een intern raakvlak wordt geïdentificeerd, wordt iemand daarvoor verantwoordelijk gemaakt. Dit is in principe de leidende discipline, wat vaak ook de discipline is, die het risico dat voortkomt uit het raakvlak het beste kan beheersen. Externe raakvlakken zijn voor de verantwoordelijkheid van het projectmanagement. Alle raakvlakken en de verantwoordelijken daarvoor worden ingevoerd in Cradle. In de meeste gevallen*

leiden raakvlakken ook tot risico's, risico's tot beheersmaatregelen en beheersmaatregelen tot afgeleide systeemeisen.

- D) *Tijdens de ontwerpfase kijkt de uitvoering mee of iets wat ontworpen wordt maakbaar is. Er is bij de uitvoering dus verantwoordelijkheid voor de maakbaarheid van het ontwerp. Of alle eisen en wensen die bij de uitvoering vandaan komen ook expliciet worden gemaakt in Cradle is onduidelijk.*
- E) *Het bewaken van de integratie van de subsystemen in het volledige systeem is een ontwerp-taak. Formeel is dit onvoldoende geregeld. In de praktijk is er veel ervaring en levert dit geen grote problemen op. De ontwerpleiders hebben de verantwoordelijkheid voor hun onderdeel, maar de eindverantwoordelijkheid ligt bij het hoofd ontwerp. Er is echter een gevaar dat niet alle benodigde kennis aanwezig is. In de toekomst zal door middel van het contract moeten worden afgedwongen met het ingenieursbureau dat met dezelfde Systems Engineering ICT-tool als Dura Vermeer wordt gewerkt, om dit soort problemen te helpen voorkomen, omdat er dan een extra controlomogelijkheid voor de werkvoorbereiding en de uitvoering is.*
- F) *Het verificatieproces vindt op dit moment te weinig formeel plaats. Aangezien het grootste gedeelte van de eisen worden afgeleid door de ontwerp bureaus komen hieruit de meeste verificaties voort. Deze verificaties vinden ook bij de ingenieursbureaus plaats. Dit is eigenlijk niet goed en deze controle zou eigenlijk door de werkvoorbereiding of door een verantwoordelijk systems engineer plaats moeten vinden. Controle van de volledigheid van de verificaties wordt wel uitgevoerd door een verantwoordelijk persoon daarvoor binnen Dura Vermeer. Het verificatieproces tijdens de uitvoering, ook wel keuringsproces genaamd, gaat beter. Dit komt voornamelijk door de ervaring die de uitvoering al had met het uitvoeren van keuringen. Hieraan is niet heel veel veranderd ten opzichte van de standaard RAW-bestekken.*
- G) *Validatie vindt binnen Dura Vermeer eigenlijk niet plaats. Dit is ook erg lastig te realiseren binnen de GWW-sector. De klant geeft namelijk al een gedeelte van het ontwerp mee aan het begin van de tenderfase. Dhr. Bode interpreteert zelf de gunning van het werk als een validatie van de tenderfase. Ook akkoordverklaringen van scopewijzigingen rekent hij tot validaties. Intern, binnen het project, valideren is wel mogelijk, waardoor kan worden gevalideerd of een eigen afgeleid gedeelte van het project, zoals een subsysteem, voldoet aan de wensen die daaraan zelf werden gesteld. Het valideren van het eindresultaat lijkt hem echter onmogelijk*
- H) *Tot nu toe is het erg lastig gebleken om het juiste personeel te vinden en in te zetten, dat in staat is om de kwaliteit van de Systems Engineering processen in de gaten te houden. Dura Vermeer is dan ook op zoek naar dit soort werknemers. Dhr. Bode heeft zelf ervaring met de Systems Engineering methodiek vanuit vorige projecten en heeft een master-class Systems Engineering gevolgd. Aan het personeel dat op projecten op basis van geïntegreerde contractvormen aan het werk is, worden vooral eenmalige cursussen gegeven door dhr. Bode zelf. Er is echter geen interne Systems Engineering database waar vragen kunnen worden beantwoord en alle processen met betrekking tot het garanderen dat mensen met Systems Engineering capaciteiten worden ingezet zijn informeel. Als Systems Engineering ICT-tool voor het uitvoeren van de Systems Engineering bedrijfsprocessen is gekozen voor Cradle 5.6 van 3SL. De keuze voor dit programma is weloverwogen geweest. Er zijn gesprekken geweest met meerdere aanbieders van dit soort systemen en velen hiervan hebben ook presentaties gegeven. Een selecte groep mensen van Dura Vermeer heeft toen een voorselectie gemaakt en is met een klein aantal*

aanbieders verder gegaan. Op basis van een multi-criteria-analyse is in de tweede helft van 2006 unaniem gekozen voor Cradle 5.6 van 3SL. Niet veel later is het systeem ook geïmplementeerd op de op dat moment reeds lopende projecten. De ondersteuning van 3SL is erg goed te noemen en er is toen ook een cursus van een week door 3SL gegeven, waarin het gebruik van het programma, en daarnaast een gedeelte van de Systems Engineering methodiek, werd uitgelegd aan de personen die de rol van systems engineer bij de projecten gingen innemen.

- I) Er is een Cradle heavy-user groep opgericht, die iedere 6 tot 8 weken bij elkaar komt. De personen die zitting hebben in deze groep vervullen de rol van systems engineer bij de projecten op basis van geïntegreerde contractvormen. Bij deze bijeenkomsten worden de data-modellen besproken die aan de basis staan van de Systems Engineering methodiek. Hiernaast worden verbeteringen en vereenvoudigingen van Cradle aan elkaar doorspeeld. Op dit moment zijn er twee werkgroepen bezig. De proces werkgroep en de data-info werkgroep. De eerste staat onder leiding van dhr. Bode en gaat alle gewenste Systems Engineering bedrijfsprocessen in kaart brengen. De tweede staat onder leiding van dhr. oude Lohuis en houdt zich bezig met de mogelijkheden van Cradle en de datastromen die hiermee gepaard gaan. Achter deze werkgroepen zitten klankbordgroepen die zijn gevuld met personeel dat gestationeerd is op grote projecten op basis van geïntegreerde contractvormen. Dit alles moet 1 juli 2008 klaar zijn, zodat het ingevoerd kan worden bij de grote projecten op basis van geïntegreerde contractvormen die op dit moment lopen binnen Dura Vermeer.*
- J) Bij de planning blijven de mijlpalen van de OG leidend. Op dit moment heeft de Systems Engineering methodiek een negatief effect op de interne planning van de projecten. Het is op dit moment een afweging. Beter eerst zes maanden vertraging dan dat het project de laatste vier jaar langzamer verloopt.*
- K) Er worden bij alle projecten vierwekelijkse configuratieoverzichten gegenereerd en eenmalige WP's. De controles hiervan vinden op voorhand plaats door de werkvoorbereiding. Dit proces is opgenomen in het projectmanagementplan. Er wordt geen gebruik gemaakt van statistieken bij de beoordeling van werkproducten, zodat geen cijfermatig oordeel kan worden gegeven over de ontwikkeling door de tijd heen.*
- L) Er vindt op vele soorten interactie plaats tussen de belanghebbenden binnen het project met veel verschillende soorten formele en informele bijeenkomsten. Er wordt ook regelmatig formeel gerapporteerd, waaronder tevens interne rapportage naar de directie. Het is nog niet zo dat de OG, Dura Vermeer en de onderaannemers allemaal met een systeem werken, waardoor de interactie met OG en onderaannemers niet geautomatiseerd is.*
- M) Zoals onder K weergegeven worden vierwekelijkse configuratieoverzichten gegenereerd waarin de status van het project wordt vastgelegd. Er werd gebruikt gemaakt van een Document Beheer Systeem in Cradle. Omdat dit niet aan de wensen voor documentbeheer voldeed en door harde systeemeigenschappen van Cradle ook niet aan kan gaan voldoen, wordt nu een overstap gemaakt naar Organice van Cadac. Er moet nu een stap worden gemaakt waarin Cradle en Organice met elkaar kunnen communiceren.*
- N) Risico's worden geïnventariseerd en daarna vastgelegd in Cradle. Er worden zo nodig beheersmaatregelen gekoppeld aan de risico's, die weer kunnen leiden tot systeemeisen. Dit proces zou*

eigenlijk in de tenderfase moeten gebeuren, maar in de praktijk gebeurt dit meestal onvoldoende en in een latere fase. Er zijn formeel geen directe verantwoordelijken aangewezen die zich structureel bezighouden met risico's en beheersmaatregelen. Omdat er ook op het gebied van risico's veelal wordt teruggegrepen naar oude gewoonten, zijn de meeste risico's die worden geïdentificeerd technische risico's, zoals zettingsrisico's en Arbo-gerelateerde risico's. Vooral de omgevingsrisico's, zoals vergunning en planningsrisico's worden vaak niet meegenomen of onderschat. Hierdoor worden deze risico's ook niet doorberekend in de aanbiedingsom, wat op zich zelf ook weer een begrotingsrisico met zich meebrengt.

- O) *Aan de waarde van de Systems Engineering methodiek voor Dura Vermeer hoeft niet te worden getwijfeld. Al is het wel zo dat er op dit moment een dubbel probleem is. Ten eerste is er erg weinig personeel beschikbaar en ten tweede kost het gewoon tijd om alle Systems Engineering processen te integreren in het bestaande bedrijfsprocessen. Voor de mensen die het werk uitvoeren is het op dit moment dus eerder een last dan een lust. Als we deze opstartproblemen achter ons laten, zal iedereen de voordelen ervan gaan inzien. Op dit moment is alleen de effectiviteit van Systems Engineering zichtbaar – op voorwaarde dat er geen reverse engineering is uitgevoerd – maar kan het allemaal nog veel efficiënter. Deze omslag moet nog plaatsvinden.*

9.5 Bijlage 5: SEPA's

KFA 1.1 Planning

				N31; Harlingen - Zurich	Overkap- pings- con- structie A2 Utrecht	Hanzelijn; Dronter- meer - Zwolle	Recon- structie A28 - Hogeweg Amers- foort
1.1-1.1	G1	-	Is planning being accomplished in at least an informal manner?	ja	ja	ja	ja
1.1-1.2	G2	-	Is time allocated for planning activities on the program?	ja	ja	ja	ja
1.1-1.3	-	-	Is there a work breakdown structure for the program that defines logical units of work to be managed at the program level?	ja	ja	ja	ja
1.1-1.4	-	T1.1-A-L1	Is scheduling conducted as a part of planning activities?	ja	ja	ja	ja
1.1-1.5	-	T1.1-B-L1	Does the systems engineering team leader report directly to the program manager for technical/program direction?	ja	ja	ja	ja
1.1-1.6	G3	T1.1-C-L1	Are the products / results of the planning activities at least of marginal value to the program?	ja	ja	ja	ja
1.1-1.7	G4	-	Are planning activities at least of marginal effectiveness?	ja	ja	ja	ja
1.1-2.1	G5	-	Does the program follow a written organizational policy (may be part of a broad-based policy) for implementing planning activities?	ja	ja	ja	ja
1.1-2.2	G6	-	Is there an approved technical management plan (may be part of a larger program plan) for the program (e.g., a SEMP)?	ja	ja	ja	ja
1.1-2.3	-	T1.1-B-L2	Are task dependencies addressed as a part of scheduling?	ja	ja	ja	ja
1.1-2.4	G7	-	Has responsibility been assigned for program planning?	ja	ja	ja	ja
1.1-2.5	-	T1.1-D-L2	Do systems engineering personnel participate on proposal teams?	nee	nee	nee	nee
1.1-2.6	-	T1.1-E-L2	Do documented and approved statements of work exist for systems engineering activities?	ja	ja	ja	ja
1.1-2.7	-	T1.1-F-L2	Is the level of technical work required for the program reconciled to the available level of funding or projected market potential?	ja	ja	ja	ja
1.1-2.8	-	T1.1-A-L2a	Have the systems engineering work products and activities been defined in a traceable and accountable manner?	nee	nee	nee	nee
1.1-2.9	G8	-	Is the adequacy of resources (e.g., funding, staff, tools, etc.) provided for performing planning activities assessed?	ja	ja	ja	ja
1.1-2.10	G9	-	When planning skills are inadequate, are individuals involved in planning activities trained in estimating and planning procedures applicable to their areas of responsibility?	ja	ja	ja	ja
1.1-2.11	-	-	Are appropriate tools available to conduct planning activities?	ja	ja	ja	ja
1.1-2.12	-	T1.1-G-L2	Has responsibility for developing the technical management plan been assigned?	ja	ja	ja	ja
1.1-2.13	-	T1.1-H-L2	Is the technical management plan reviewed, updated and made available to members of the program?	ja	ja	ja	ja
1.1-2.14	-	T1.1-I-L2	Does the technical management plan provide form and context for the planned technical activities and identify products?	ja	ja	ja	ja
1.1-2.15	-	T1.1-J-L2	Are deviations from the technical management plan documented and rationale recorded so that decisions can be traced through the program life cycle?	ja	ja	ja	ja
1.1-2.16	-	T1.1-A-L2b	Does the work breakdown structure cover all the tasks and products necessary to the program?	nee	nee	nee	nee
1.1-2.17	-	-	Are the program roles, responsibilities, and objectives for each organization or functional discipline documented?	ja	ja	ja	ja
1.1-2.18	-	T1.1-C-L2	Is there a designated systems engineering first-line manager or team leader who is responsible for negotiating technical commitments?	ja	ja	ja	ja
1.1-2.19	-	T1.1-K-L2	Are systems engineering commitments made to other groups within the program reviewed?	ja	ja	ja	ja
1.1-2.20	G10	-	Are planning activities performed in a structured manner?	ja	ja	ja	ja
1.1-2.21	G11	-	Are data collected for monitoring planning activities?	ja	ja	ja	ja
1.1-2.22	G12	-	Are corrective actions initiated when program activities deviate significantly from the plan?	ja	ja	ja	ja
1.1-2.23	G13	-	Are the products / results of planning activities at least of adequate value to the program?	ja	ja	ja	ja
1.1-2.24	G14	-	Are planning activities at least of adequate effectiveness?	ja	ja	ja	ja
1.1-3.1	G15	-	Is the technical management plan developed and approved according to a formal procedure?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.1-3.2	-	T1.1-C-L3	Do systems engineering personnel participate in the technical decision making process on the program proposal team?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

1.1-3.3	-	T1.1-K-L3a	Do systems engineering personnel participate with other affected groups in program planning throughout the life cycle?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.1-3.4	-	T1.1-D-L3	Is the continuity of systems engineering personnel managed throughout all phases of the development life cycle?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.1-3.5	-	T1.1-E-L3	Has a system life cycle, with predefined stages of manageable size, been identified or defined?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.1-3.6	-	T1.1-K-L3b	Is there a mechanism to ensure compliance of systems engineering commitments made to other groups?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.1-3.7	-	-	Are the systems engineering activities and work products that are needed to establish and maintain control of the program well defined?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.1-3.8	-	T1.1-F-L3a	Are estimates for the size of the systems engineering work products (or changes in the size of the work products) derived based upon historical data?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.1-3.9	-	-	Are estimates for the systems engineering effort and cost derived based upon historical data?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.1-3.10	-	-	Do estimates take into consideration whether a task is preceded or unpreceded?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.1-3.11	-	T1.1-G-L3	Is an event driven plan developed for technical aspects of the program?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.1-3.12	-	T1.1-B-L3	Is the event driven plan traceable to the scheduling?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.1-3.13	-	-	Are the risks associated with the cost, resource, schedule, and technical aspects of the system identified, assessed, and mitigated?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.1-3.14	-	-	Is the basis for systems engineering planning captured?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.1-3.15	-	-	Are budget and resource estimates, schedules, and personnel assignments, periodically reviewed and updated?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.1-3.16	-	T1.1-F-L3b	Do systems engineering personnel review and agree to systems engineering estimates, schedules, and personnel allocations?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.1-3.17	-	-	Are estimates, schedules, and personnel allocations of groups that support systems engineering reviewed?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.1-3.18	-	T1.1-H-L3a	Is the technical management plan revised to reflect on-going and projections for the program?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.1-3.19	-	T1.1-I-L3	Does the technical management plan identify responsibilities and objectives for each technical discipline participating in systems engineering activities?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.1-3.20	-	-	Are measurement systems (e.g. earned value) identified and used?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.1-3.21	-	T1.1-H-L3b	Are formal reviews of the technical management plan conducted to assess its completeness and correctness (i.e. that all phases of the program are addressed in the context of a systems engineering life cycle)?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.1-3.22	-	T1.1-A-L3a	Is the work breakdown structure reviewed to assure that it is complete, consistent and correct?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.1-3.23	-	T1.1-A-L3b	Is the work breakdown structure reviewed at appropriate program milestones and revised as necessary?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.1-3.24	-	T1.1-H-L3c	Are formal reviews of the technical management plan conducted to assess its consistency with the top-level program management plan and with lower-level plans?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.1-3.25	-	-	Are formal reviews of the roles, responsibilities, and objectives, defined by the technical management plan for each organization, conducted to assure that they are complete, consistent, and correct?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.1-3.26	-	T1.1-J-L3	Are formal reviews of the technical management plan conducted at appropriate program milestones and the plan revised as necessary?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.1-3.27	-	-	Is a summary report from each meeting prepared and distributed to affected groups and individuals?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.1-3.28	G16	-	Are metrics collected for assessing the effectiveness of planning activities?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.1-3.29	G17	-	Are peer/defect reviews conducted to assess and improve planning activities and products?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.1-3.30	G18	-	Are planning processes standardized across the organization?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.1-3.31	G19	-	Are guidelines provided to allow the program to tailor the standard planning process for its specific needs?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.1-3.32	G20	-	Are the products / results of planning activities at least of significant value to the program?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.1-3.33	G21	-	Are planning activities at least of significant effectiveness?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

Systems Engineering deskundigheid (niet afgerond)	1,636	1,636	1,636	1,636
--	-------	-------	-------	-------

Systems Engineering deskundigheidsklasse	Performed	Performed	Performed	Performed
---	-----------	-----------	-----------	-----------

KFA 1.2 Tracking and Oversight

				N31; Harlingen - Zurich	Overkap- pings- con- structie A2 Utrecht	Hanzelijn; Dronter- meer - Zwolle	Recon- structie A28 - Hogeweg Amers- foort
1.2-1.1	G1	-	Is tracking and oversight being accomplished in at least an informal manner?	ja	ja	ja	ja
1.2-1.2	-	T1.2-A-L1	Are technical performance measures collected and used in at least an informal manner?	ja	ja	ja	ja
1.2-1.3	-	T1.2-B-L1	Are planning and control metrics collected and used in at least an informal manner?	ja	ja	ja	ja
1.2-1.4	-	T1.2-C-L1	Are systems engineering metrics collected and used in at least an informal manner?	nee	nee	nee	nee
1.2-1.5	G2	-	Are tracking and oversight activities planned for the program?	nee	nee	nee	nee
1.2-1.6	G3	-	Are the products / results of the tracking and oversight activities at least of marginal value to the program?	ja	ja	ja	ja
1.2-1.7	G4	-	Are tracking and oversight activities at least of marginal effectiveness?	ja	ja	ja	ja
1.2-2.1	G5	-	Does the program follow a written organizational policy (may be part of a broad-based policy) for implementing tracking and oversight?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.2-2.2	G6	-	Is there an approved plan (may be part of a larger technical management plan) for the program to identify, collect and evaluate metrics?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.2-2.3	G7	-	Has the responsibility for establishing and managing tracking and oversight activities been assigned?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.2-2.4	G8	-	Is the adequacy of resources (e.g., funding, staff, tools, etc.) provided for performing tracking and oversight activities assessed?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.2-2.5	G9	-	Are personnel trained in the objectives procedures, and methods for performing tracking and oversight activities?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.2-2.6	-	-	Have systems engineering team leaders received orientation in the technical aspects of the program?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.2-2.7	-	T1.2-A-L2	Are responsibilities designated for collecting, reviewing and evaluating technical performance measures for the program?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.2-2.8	-	T1.2-B-L2	Are responsibilities designated for collecting, reviewing and evaluating planning and control metrics for the program?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.2-2.9	-	T1.2-C-L2	Are responsibilities designated for collecting, reviewing and evaluating systems engineering metrics for the program?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.2-2.10	-	T1.2-D-L2	Is information, data, and lessons learned, obtained from tracking and oversight metrics collected and archived for use by future programs?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.2-2.11	G10	-	Is tracking and oversight performed in a structured manner?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.2-2.12	G11	-	Are data collected for monitoring tracking and oversight activities?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.2-2.13	G12	-	Are corrective actions initiated when tracking and oversight activities deviate significantly from the plan?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.2-2.14	G13	-	Are the products / results of the tracking and oversight activities at least of adequate value to the program?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.2-2.15	G14	-	Are tracking and oversight activities at least of adequate effectiveness?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.2-3.1	G15	-	Are tracking and oversight activities planned, approved, and established according to a formal procedure?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.2-3.2	-	-	Are systems engineering commitments and changes to commitments made to individuals and groups external to the organization reviewed?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.2-3.3	-	T1.2-E-L3	Are approved changes to commitments that affect the program communicated to systems engineering and other related personnel?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.2-3.4	-	-	Are action items documented and assigned, reviewed, and tracked to closure?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.2-3.5	-	-	Are the risks associated with cost, resource, schedule, and technical aspects of the program tracked?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.2-3.6	-	T1.2-B-L3a	Are planning and control metrics for the systems engineering aspects of the program recorded and distributed to appropriate parties?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.2-3.7	-	-	Do systems engineering personnel conduct periodic informal reviews to track technical progress, plans, performance, and issues against the plan?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.2-3.8	-	-	Are formal reviews to address the accomplishments and results of the systems engineering aspects of the program conducted at selected milestones?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.2-3.9	-	-	Is a mechanism used to assure that the system's functional baseline is established, allocated, and monitored during design and implementation?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.2-3.10	-	-	Are metrics (technical performance measures, process and control, and systems engineering) defined according to a formal procedure?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

1.2-3.11	-	-	Are program technical performance measures identified, documented, and distributed to appropriate parties?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.2-3.12	-	-	Are technical performance measures mapped to measures of effectiveness?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.2-3.13	-	-	Are technical performance measures profiles re-assessed and re-allocated as necessary during the program life cycle?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.2-3.14	-	-	Is modeling and analyses an element of technical performance measures tracking and oversight?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.2-3.15	-	T1.2-A-L3	Are technical performance measures collected, evaluated, and reported according to a formal procedure?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.2-3.16	-	-	Are technical resource profiles maintained for each critical system configuration item in the system architecture?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.2-3.17	-	-	Are profiles maintained of completed systems engineering activities against planned activities?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.2-3.18	-	-	Are all systems engineering problem reports prioritized and tracked to closure?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.2-3.19	-	-	Are quantitative systems engineering goals established and tracked for the program?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.2-3.20	-	-	Are formal records maintained of subsystem and configuration item specification progress?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.2-3.21	-	-	Do systems engineering team leaders regularly review technical progress and issues with their engineers?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.2-3.22	-	T1.2-D-L3	Are data on work product and/or specification errors collected during development and verification?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.2-3.23	-	T1.2-C-L3a	Are systems engineering process metrics identified, documented, and distributed to appropriate parties?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.2-3.24	-	T1.2-C-L3b	Are systems engineering process metrics collected, evaluated, and reported?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.2-3.25	-	T1.2-B-L3b	Are planning and control metrics collected, evaluated, and reported?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.2-3.26	G16	-	Are metrics developed to assess the effectiveness of tracking and oversight activities?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.2-3.27	G17	-	Are peer/defect reviews conducted to assess and improve tracking and oversight activities and products?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.2-3.28	G18	-	Are tracking and oversight processes standardized across the organization?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.2-3.29	G19	-	Are guidelines provided to allow the program to tailor the standard tracking and oversight process for its specific needs?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.2-3.30	G20	-	Are the products / results of the tracking and oversight activities at least of significant value to the program?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.2-3.31	G21	-	Are tracking and oversight activities at least of significant effectiveness?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

Systems Engineering deskundigheid (niet afgerond)	0,714	0,714	0,714	0,714
--	-------	-------	-------	-------

Systems Engineering deskundigheidsklasse	Initial	Initial	Initial	Initial
---	---------	---------	---------	---------

KFA 1.4 Inter-group Coordination

				N31; Harlingen - Zurich	Overkap- pings- con- structie A2 Utrecht	Hanzelijn; Dronter- meer - Zwolle	Recon- structie A28 - Hogeweg Amers- foort
1.4-1.1	G1	-	Is inter-group coordination being accomplished in at least an informal manner?	ja	ja	ja	ja
1.4-1.2	-	T1.4-A-L1	Is the importance of inter-group coordination understood by program participants?	ja	ja	ja	ja
1.4-1.3	-	T1.4-B-L1a	Do program stakeholders regularly exchange technical information?	ja	ja	ja	ja
1.4-1.4	-	T1.4-B-L1b	Are there regular technical interchanges with the customer?	ja	ja	ja	ja
1.4-1.5	G2	-	Are inter-group coordination activities planned for the program?	ja	ja	ja	ja
1.4-1.6	-	T1.4-C-L1	Do affected personnel review and/or approve plans within groups which may affect other groups?	ja	ja	ja	ja
1.4-1.7	-	T1.4-D-L1	Are both traditional and speciality engineering disciplines involved in product development as needed?	ja	ja	ja	ja
1.4-1.8	G3	-	Are the products / results of inter-group coordination activities at least of marginal value to the program?	ja	ja	ja	ja
1.4-1.9	G4	-	Are inter-group coordination activities at least of marginal effectiveness?	ja	ja	ja	ja
1.4-2.1	G5	-	Does the program follow a written organizational policy (may be part of a broad-based policy) for implementing inter-group coordination?	ja	ja	ja	ja
1.4-2.2	G6	-	Is there an approved plan (may be part of a larger technical management plan) for the program to perform inter-group coordination?	ja	ja	ja	ja
1.4-2.3	G7	-	Has the responsibility for identifying, coordinating, and resolving issues among different groups been assigned?	ja	ja	ja	ja
1.4-2.4	-	T1.4-D-L2	Are processes for assembling the right mix of technical disciplines established?	nee	nee	nee	nee
1.4-2.5	-	T1.4-A-L2a	Do systems engineering activities have representation from appropriate engineering skills?	nee	nee	nee	nee
1.4-2.6	-	T1.4-B-L2a	Do inter-group coordination activities include adequate customer involvement?	ja	ja	ja	ja
1.4-2.7	-	T1.4-B-L2b	Are systems engineering issues called to the attention of the program manager?	ja	ja	ja	ja
1.4-2.8	-	T1.4-E-L2a	Does the program have a process for resolving inter-group issues?	ja	ja	ja	ja
1.4-2.9	-	T1.4-E-L2b	Is there an established process for escalation and arbitration of technical differences, leading to resolution?	ja	ja	ja	ja
1.4-2.10	-	T1.4-B-L2c	Is a mechanism used to communicate issue resolutions to all affected organizations including subcontractors and associate contractors?	ja	ja	ja	ja
1.4-2.11	-	-	Are team meeting facilities available?	ja	ja	ja	ja
1.4-2.12	G8	-	Is the adequacy of resources (e.g., funding, staff, tools, etc.) provided for performing inter-group coordination activities assessed?	ja	ja	ja	ja
1.4-2.13	G9	-	Do personnel receive training in communication skills, group problem solving, and active listening?	ja	ja	ja	ja
1.4-2.14	-	-	Are inter-group coordination activities and the results of those activities documented?	ja	ja	ja	ja
1.4-2.15	-	T1.4-A-L2b	Does management espouse and model in their own behavioral and appropriate communication skills?	ja	ja	ja	ja
1.4-2.16	G10	-	Is inter-group coordination being managed in a structured manner?	ja	ja	ja	ja
1.4-2.17	G11	-	Are data collected for monitoring inter-group coordination activities?	nee	nee	nee	nee
1.4-2.18	G12	-	Are corrective actions initiated when inter-group coordination activities deviate significantly from the plan?	ja	ja	ja	ja
1.4-2.19	G13	-	Are the products / results of the inter-group coordination activities at least of adequate value to the program?	ja	ja	ja	ja
1.4-2.20	G14	-	Are inter-group coordination activities at least of adequate effectiveness?	ja	ja	ja	ja
1.4-3.1	G15	-	Are inter-group coordination activities planned, approved, and established according to a formal procedure?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.4-3.2	-	T1.4-D-L3a	Are standards and guidelines used to coordinate integrated engineering analysis activities?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.4-3.3	-	T1.4-D-L3b	Are formal procedures in used to identify multi-disciplinary team members?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.4-3.4	-	T1.4-C-L3	Do systems engineering personnel organize, conduct and close formal reviews of the system requirements?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.4-3.5	-	T1.4-E-L3a	Do systems engineering personnel review and agree to designs produced by other engineering design teams?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.4-3.6	-	T1.4-A-L3	Are all appropriate engineering disciplines represented on the systems design team?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

1.4-3.7	-	T1.4-E-L3b	Do the developers of configuration items review and agree to the system requirements allocated to the configuration item?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.4-3.8	-	T1.4-E-L3c	Do systems engineering personnel review and agree to the products produced by other engineering disciplines?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.4-3.9	-	T1.4-E-L3d	Do the other engineering disciplines review and agree to systems engineering products?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.4-3.10	-	T1.4-B-L3a	Do systems engineering personnel and other engineering personnel periodically engage in technical meetings to review, identify, and resolve problem areas?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.4-3.11	-	T1.4-B-L3b	Do systems engineering personnel review and approve plans prepared by other groups that may have an impact on the system requirements?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.4-3.12	-	T1.4-B-L3c	Do systems engineering personnel review and approve all plans that affect multiple engineering organizations/disciplines/functions?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.4-3.13	G16	-	Are metrics developed to assess inter-group coordination effectiveness?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.4-3.14	G17	-	Are peer/defect reviews conducted to assess and improve inter-group coordination activities and products?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.4-3.15	G18	-	Are inter-group coordination processes standardized across the organization?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.4-3.16	G19	-	Are guidelines provided to allow the program to tailor the standard inter-group coordination process for its specific needs?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.4-3.17	G20	-	Are the products / results of the inter-group coordination activities at least of significant value to the program?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.4-3.18	G21	-	Are inter-group coordination activities at least of significant effectiveness?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

Systems Engineering deskundigheid (niet afgerond)	1,850	1,850	1,850	1,850
--	-------	-------	-------	-------

Systems Engineering deskundigheidsklasse	Performed	Performed	Performed	Performed
---	-----------	-----------	-----------	-----------

KFA 1.5 Configuration Management

				N31; Harlingen - Zurich	Overkap- pings- con- structie A2 Utrecht	Hanzelijn; Dronter- meer - Zwolle	Recon- structie A28 - Hogeweg Amers- foort
1.5-1.1	G1	-	Is configuration management being accomplished in at least an informal manner?	ja	ja	ja	ja
1.5-1.2	-	T1.5-A-L1	Is there a means to control the configuration items, baselines, and all changes thereto?	ja	ja	ja	ja
1.5-1.3	G2	-	Are configuration management activities planned for the program?	nee	nee	nee	nee
1.5-1.4	G3	-	Are the products / results of the configuration management activities at least of marginal value to the program?	ja	ja	ja	ja
1.5-1.5	G4	-	Are configuration management activities at least of marginal effectiveness?	ja	ja	ja	ja
1.5-2.1	G5	-	Does the program follow a written organizational policy (may be part of a broad-based policy) for implementing configuration management?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.5-2.2	G6	-	Is there an approved plan (may be part of a larger technical management plan) for the program to perform configuration management?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.5-2.3	-	T1.5-B-L2	Are the work products to be placed under configuration management identified?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.5-2.4	-	T1.5-C-L2	Has responsibility been established for managing configuration items (e.g. configuration control board)?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.5-2.5	G7	-	Has responsibility been assigned for coordinating and implementing configuration management?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.5-2.6	G8	-	Is the adequacy of resources (i.e. funding, staff, tools, etc.) provided for performing configuration management activities assessed?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.5-2.7	-	-	Are configuration management personnel trained in the objectives, procedures, and methods for performing their configuration management activities?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.5-2.8	G9	-	Are systems engineering personnel and other engineering personnel trained to perform their configuration management activities?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.5-2.9	G10	-	Is configuration management being performed in a structured manner?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.5-2.10	G11	-	Are data collected for monitoring configuration management activities?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.5-2.11	G12	-	Are corrective actions initiated when configuration management activities deviate significantly from the plan?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.5-2.12	G13	-	Are the products / results of the configuration management activities at least of adequate value to the program?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.5-2.13	G14	-	Are configuration management activities at least of adequate effectiveness?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.5-3.1	G15	-	Are configuration management activities planned, approved, and established according to a formal procedure?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.5-3.2	-	T1.5-A-L3a	Is a configuration management library system established as a repository for baselines?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.5-3.3	-	T1.5-A-L3b	Are change requests and problem reports for all configuration items initiated, recorded, reviewed, approved, and tracked?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.5-3.4	-	T1.5-C-L3	Are changes to baselines controlled by a change review board?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.5-3.5	-	T1.5-A-L3c	Are products from the baseline library created and their release formally controlled?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.5-3.6	-	T1.5-B-L3	Is the status of configuration items recorded?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.5-3.7	-	-	Are configuration status reports documenting the configuration control activities made available?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.5-3.8	-	-	Are baseline audits conducted and results recorded?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.5-3.9	-	-	Is a mechanism used for controlling changes to system/subsystem/configuration item requirements?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.5-3.10	-	-	Is a mechanism used for controlling changes to configuration item product specification?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.5-3.11	-	-	Is a formal procedure used for controlling changes to the products which have completed baseline verification?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.5-3.12	-	-	Is a mechanism used for controlling changes to the system and component configuration item design?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.5-3.13	-	-	Is there a configuration control function for all formal documentation produced by systems engineering personnel?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.5-3.14	-	-	Are tests and/or reviews performed to ensure that changes to configuration items have not caused unintentional effects?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.5-3.15	-	-	At any given point in time can the status of engineering products under configuration management be identified?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.5-3.16	-	-	Do system configuration management audits verify the completeness and correctness of the contents of specifications?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

1.5-3.17	G16	-	Are metrics collected to assess the effectiveness of configuration management activities?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.5-3.18	G17	-	Are peer/defect reviews conducted to assess and improve configuration management activities and products?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.5-3.19	G18	-	Are configuration management processes standardized across the organization?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.5-3.20	G19	-	Are guidelines provided to allow the program to tailor the standard configuration management process for its specific needs?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.5-3.21	G20	-	Are the products / results of the configuration management activities at least of significant value to the program?	n.v.t.		n.v.t.	n.v.t.
1.5-3.22	G21	-	Are configuration management activities at least of significant effectiveness?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

Systems Engineering deskundigheid (niet afgerond)	0,800	0,800	0,800	0,800
--	-------	-------	-------	-------

Systems Engineering deskundigheidsklasse	Initial	Initial	Initial	Initial
---	---------	---------	---------	---------

KFA 1.7 Risk Management

				N31; Harlingen - Zurich	Overkap- pings- con- structie A2 Utrecht	Hanzelijn; Dronter- meer - Zwolle	Recon- structie A28 - Hogeweg Amers- foort
1.7-1.1	G1	-	Are risks being identified, analyzed, and mitigated in at least an informal manner on the program?	ja	ja	ja	ja
1.7-1.2	G2	-	Are risk management activities planned for the program?	ja	ja	ja	ja
1.7-1.3	-	T1.7-A-L1	Is the program manager made aware of significant risks?	ja	ja	ja	ja
1.7-1.4	G3	-	Are the products / results of the risk management activities at least of marginal value to the program?	ja	ja	ja	ja
1.7-1.5	G4	-	Are risk management activities at least of marginal effectiveness?	ja	ja	ja	ja
1.7-2.1	G5	-	Does the program follow a written organizational policy (may be part of a broad-based policy) for implementing risk management?	ja	ja	ja	ja
1.7-2.2	G6	-	Is there an approved risk management plan (may be part of a larger technical plan) for the program to identify, analyze, and mitigate risk?	ja	ja	ja	ja
1.7-2.3	G7	-	Has responsibility been assigned for program risk management activities?	ja	ja	ja	ja
1.7-2.4	-	-	Are systems engineering personnel assigned to perform risk management?	ja	nee	ja	nee
1.7-2.5	-	-	Does the risk management plan define the risk levels (sometimes referred to as a risk model) to be used by the program?	nee	ja	ja	ja
1.7-2.6	-	-	Does the risk management plan define what management response is required for each risk level?	nee	nee	ja	ja
1.7-2.7	-	T1.7-B-L2	Are risks categorized into those that can be avoided, controlled, or accepted?	ja	ja	ja	ja
1.7-2.8	-	T1.7-A-L2	Has a communication path been established between the risk management team and the program management team?	ja	ja	ja	ja
1.7-2.9	G8	-	Is the adequacy of resources (e.g. funding, staff, tools, etc.) provided for risk management activities assessed?	nee	nee	nee	nee
1.7-2.10	-	-	Are appropriate tools available to conduct risk analyses?	nee	nee	nee	nee
1.7-2.11	G9	-	Are systems engineering personnel and other engineering personnel trained to perform their respective risk management activities?	nee	nee	nee	nee
1.7-2.12	-	T1.7-C-L2a	Does risk management involve a multi-functional group that spans both technical and business specialties?	nee	nee	ja	nee
1.7-2.13	-	T1.7-C-L2b	Is risk management integrated both vertically and horizontally across the program?	nee	nee	nee	ja
1.7-2.14	G10	-	Is risk management being performed in a structured manner?	ja	nee	ja	ja
1.7-2.15	-	T1.7-D-L2	Are risk management (identification, analysis, and mitigation) activities re-evaluated over the duration of the program?	nee	nee	ja	ja
1.7-2.16	G11	-	Are data collected for monitoring risk management activities?	nee	nee	ja	nee
1.7-2.17	G12	-	Are corrective actions initiated when risk management activities deviate significantly from the plan?	nee	nee	ja	nee
1.7-2.18	G13	-	Are the products / results of the risk management activities at least of adequate value to the program?	ja	nee	ja	ja
1.7-2.19	G14	-	Are risk management activities at least of adequate effectiveness?	ja	nee	ja	ja
1.7-3.1	G15	-	Are risk management activities planned, approved, and established according to a formal procedure?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.7-3.2	-	-	When a set of risks is identified for the program, are the risks reviewed to determine that they form a complete set?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

1.7-3.3	-	-	Are all elements of the work breakdown structure examined as part of the risk identification process in order to help ensure that all program aspects have been considered?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.7-3.4	-	-	Is there a well-defined method for evaluating risk associated with key processes within the program (e.g. design, test, manufacturing, etc.)?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.7-3.5	-	-	Is the analysis of risks reviewed for adequacy and completeness?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.7-3.6	-	-	For each risk, are cause and effect relationships established?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.7-3.7	-	-	Is each risk analyzed for potential coupling to all other identified risks?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.7-3.8	-	-	For each risk, are alternative courses of action, work-arounds, and/or fall-back positions developed with a recommended course of action?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.7-3.9	-	-	Are risk thresholds established, which when exceeded, institute more aggressive mitigation efforts?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.7-3.10	-	-	For each identified risk, is the potential impact to the program assessed should the risk occur?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.7-3.11	-	T1.7-A-L3a	Does the risk management team provide the program management team clear recommendations and justification for risks requiring mitigation?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.7-3.12	-	T1.7-A-L3b	Are risk mitigation alternatives provided to management along with the anticipated impact of each alternative on risk, cost, and schedule?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.7-3.13	-	T1.7-C-L3a	Are risk analysis results and mitigation plans documented?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.7-3.14	-	-	Is risk mitigation (handling) reviewed for adequacy and completeness?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.7-3.15	-	T1.7-B-L3	Are risk reduction profiles documented and reviewed for appropriateness?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.7-3.16	-	T1.7-D-L3	Are risks monitored at appropriate milestones and re-evaluated?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.7-3.17	-	T1.7-C-L3b	Are the results of risk monitoring activities provided to affected personnel/disciplines?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.7-3.18	-	-	Is there a mechanism for monitoring corrective actions taken and tracking open risk items to closure?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.7-3.19	-	-	Are the metrics used in Tracking and Oversight activities an integral part of the risk monitoring activities?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.7-3.20	G16	-	Are metrics collected to assess the effectiveness of risk management activities?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.7-3.21	-	-	Is risk management a part of program formal reviews?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.7-3.22	G17	-	Are peer/defect reviews conducted to assess and improve risk management activities and products?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.7-3.23	G18	-	Is the risk management process standardized across the organization?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.7-3.24	G19	-	Are guidelines provided to allow the program to tailor the standard risk management process for its specific needs?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.7-3.25	G20	-	Are the products / results of the risk management activities at least of significant value to the program?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1.7-3.26	G21	-	Are risk management activities at least of significant effectiveness?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

Systems Engineering deskundigheid (niet afgerond)	1,474	1,316	1,789	1,632
--	-------	-------	-------	-------

Systems Engineering deskundigheidsklasse	Performed	Performed	Performed	Performed
---	-----------	-----------	-----------	-----------

KFA 2.1 Process Management and Improvement

				N31; Harlingen - Zurich	Overkap- pings- con- structie A2 Utrecht	Hanzelijn; Dronter- meer - Zwolle	Recon- structie A28 - Hogeweg Amers- foort
2.1-1.1	G1	-	Is systems engineering process management being accomplished in at least an informal manner?	ja	ja	ja	ja
2.1-1.2	-	T2.1-A-L1	Are systems engineering processes being identified?	ja	ja	ja	ja
2.1-1.3	G2	-	Are systems engineering process management activities planned for the organization?	ja	ja	ja	ja
2.1-1.4	G3	-	Are the products / results of the systems engineering process management and activities at least of marginal value to the organization?	ja	ja	ja	ja
2.1-1.5	G4	-	Are systems engineering process management activities at least of marginal effectiveness?	ja	ja	ja	ja
2.1-2.1	G5	-	Does the organization follow a written organizational policy (may be part of a broad-based policy) for implementing and maintaining its systems engineering process?	nee	nee	nee	nee
2.1-2.2	G6	-	Is there an approved systems engineering process improvement plan (stand-alone or part of the systems engineering process)?	nee	nee	nee	nee
2.1-2.3	-	T2.1-B-L2	Is improvement of systems engineering process being accomplished in at least an informal manner?	ja	ja	ja	ja
2.1-2.4	G7	-	Is there a designated systems engineering manager or team leader responsible for process management?	ja	ja	ja	ja
2.1-2.5	-	T2.1-C-L2a	Are there designated systems engineers responsible for process management and improvement?	ja	ja	ja	ja
2.1-2.6	-	T2.1-C-L2b	Is systems engineering process improvement part of the responsibility of those responsible for process management?	nee	nee	nee	nee
2.1-2.7	-	T2.1-D-L2	Is the organizational policy clearly and completely described and presented to all engineering and program personnel?	ja	ja	ja	ja
2.1-2.8	-	T2.1-A-L2a	Has a managed and controlled process database been established for process data in the organization?	ja	ja	ja	ja
2.1-2.9	-	T2.1-A-L2b	Are best practices within the organization identified and communicated to other programs?	nee	ja	ja	ja
2.1-2.10	G8	-	Is the adequacy of resources (e.g., funding, staff, tools, etc.) provided to perform systems engineering process management and improvement activities assessed?	nee	nee	nee	nee
2.1-2.11	G9	-	Is training provided to systems engineering personnel involved in systems engineering process management?	ja	ja	ja	ja
2.1-2.12	-	T2.1-E-L2	Is training provided on how to improve systems engineering process?	nee	nee	nee	nee
2.1-2.13	G10	-	Is systems engineering process management and improvement performed in a structured manner?	nee	nee	nee	nee
2.1-2.14	G11	-	Are data collected for monitoring systems engineering process management and improvement activities?	nee	nee	nee	nee
2.1-2.15	G12	-	Are corrective actions initiated when process management and improvement activities deviate significantly from the plan?	nee	nee	nee	nee
2.1-2.16	G13	-	Are the products / results of the process management and improvement activities at least of adequate value to the program?	ja	ja	ja	ja
2.1-2.17	G14	-	Are process management and improvement activities at least of adequate effectiveness?	ja	ja	ja	ja
2.1-3.1	G15	-	Are process management and improvement activities planned, approved, and established according to a formal procedure?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2.1-3.2	-	T2.1-A-L3a	Has a standard systems engineering process been documented by the organization?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2.1-3.3	-	T2.1-A-L3b	Are the inputs and outputs of systems engineering process activities clearly defined?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2.1-3.4	-	T2.1-A-L3c	Are initiation and completion criteria defined for each major activity in the systems engineering process?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2.1-3.5	G16	-	Are metrics collected for assessing the effectiveness of process management and improvement?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2.1-3.6	G17	-	Are peer/defect reviews conducted to assess and improve process management and improvement activities and products?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2.1-3.7	-	T2.1-B-L3a	Are error causes reviewed to determine whether changes to the systems engineering process are required to prevent future occurrences of such errors?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2.1-3.8	-	T2.1-B-L3b	Is a mechanism used for periodically assessing the systems engineering process and implementing indicated improvements?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

2.1-3.9	-	T2.1-B-L3c	Does the organization seek to benchmark its systems engineering process against processes used by other organizations?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2.1-3.10	G18	-	Does the organization have a standard systems engineering process?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2.1-3.11	G19	-	Does the standard systems engineering process permit tailoring to meet specific program needs?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2.1-3.12	-	T2.1-E-L3	Is there an established set of tailoring guidelines?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2.1-3.13	-	T2.1-F-L3a	Does the program use the organization's defined systems engineering process?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2.1-3.14	-	T2.1-F-L3b	Are formal methods for systems engineering used on programs?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2.1-3.15	-	T2.1-B-L3c	Is a single process management and improvement process standardized across the organization?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2.1-3.16	G20	-	Are the products / results of the systems engineering process management and improvement activities at least of significant value to the organization?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2.1-3.17	G21	-	Are systems engineering process management and improvement activities at least of significant effectiveness?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

Systems Engineering deskundigheid (niet afgerond)	1,471	1,529	1,529	1,529
--	-------	-------	-------	-------

Systems Engineering deskundigheidsklasse	Performed	Performed	Performed	Performed
---	-----------	-----------	-----------	-----------

KFA 2.4 Environment and Tool Support

				N31; Harlingen - Zurich	Overkap- pings- con- structie A2 Utrecht	Hanzelijn; Dronter- meer - Zwolle	Recon- structie A28 - Hogeweg Amers- foort
2.4-1.1	G1	-	Is environment and tool support for systems engineering activities being accomplished in at least an informal manner?	ja	ja	ja	ja
2.4-1.2	-	T2.4-A-L1	Is there a recognized systems engineering environment and tools?	ja	ja	ja	ja
2.4-1.3	-	T2.4-B-L1	Is the selection of systems engineering tools driven by the needs of the enterprise?	ja	ja	ja	ja
2.4-1.4	G2	-	Are environment and tool support activities planned for the organization?	ja	ja	ja	ja
2.4-1.5	G3	-	Is the systems engineering environment, tools, and support at least of marginal value to the organization?	ja	ja	ja	ja
2.4-1.6	G4	-	Are the systems engineering environment and tool development and support activities at least of marginal effectiveness?	ja	ja	ja	ja
2.4-2.1	G5	-	Is there a policy (may be part of a broad-based policy) endorsing the use of a common environment and standard tools for systems engineering activities?	nee	nee	nee	nee
2.4-2.2	-	T2.4-C-L2	Are the needs of the enterprise captured as a documented set of requirements for the systems engineering environment and tools?	nee	nee	nee	nee
2.4-2.3	-	T2.4-A-L2	Has an environment and a set of tools been deployed?	ja	ja	ja	ja
2.4-2.4	G6	-	Is there a plan to provide resources to maintain and upgrade facilities and tools in support of the systems engineering environment?	ja	ja	ja	ja
2.4-2.5	G7	-	Have responsibilities been assigned to provide environment and tool support for systems engineering activities?	ja	ja	ja	ja
2.4-2.6	G8	-	Is the adequacy of resources (e.g. funding, staff, tools, etc.) provided to perform systems engineering environment and tool support assessed?	nee	nee	nee	nee
2.4-2.7	G9	-	Are technical support personnel trained to perform environment and tool support for the systems engineering activities?	ja	ja	ja	ja
2.4-2.8	-	T2.4-D-L2	Are the responsibilities and duties of the technical support personnel established?	nee	nee	nee	nee
2.4-2.9	-	T2.4-B-L2	Has an environment and set of tools been established for application to systems engineering tasks?	ja	ja	ja	ja
2.4-2.10	-	T2.4-E-L2	Is training provided to systems engineering personnel who use the environment and tools?	nee	ja	ja	ja
2.4-2.11	-	T2.4-F-L2	Are the environment and tools adaptable for specific program requirements?	ja	ja	ja	ja
2.4-2.12	-	T2.4-G-L2	Does the environment and its information infrastructure facilitate the sharing of key information across all disciplines participating on a program?	ja	ja	ja	ja
2.4-2.13	-	T2.4-H-L2	Is use of the environment and tools promoted by management?	ja	ja	ja	ja
2.4-2.14	-	T2.4-J-L2	Is the design generally driven by the tool?	nee	nee	nee	nee
2.4-2.15	G10	-	Is environment and tool support for systems engineering activities provided in a structured manner?	nee	nee	nee	nee
2.4-2.16	G11	-	Are data collected for monitoring environment and tool support activities?	nee	nee	nee	nee
2.4-2.17	G12	-	Are corrective actions initiated when environment and tool support activities deviate significantly from the plan?	nee	nee	nee	nee
2.4-2.18	G13	-	Are the products / results of the environment and tool support activities at least of adequate value to the organization?	ja	ja	ja	ja
2.4-2.19	G14	-	Are environment and tool support activities at least of adequate effectiveness?	ja	ja	ja	ja
2.4-3.1	G15	-	Are environment and tool support activities planned, approved, and established according to a formal procedure?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2.4-3.2	-	T2.4-C-L3a	Are the needs of each program included as part of the documented set of requirements for the systems engineering environment and tools?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2.4-3.3	-	T2.4-B-L3a	Is a mechanism used to identify and replace obsolete systems engineering tools and methods?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2.4-3.4	-	T2.4-B-L3b	Are measures taken to leverage prior investments in obsolete environment and tool components when migrating to new ones?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2.4-3.5	-	T2.4-B-L3c	Is there a mechanism for assessing new candidate environment and tool components?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2.4-3.6	-	T2.4-B-L3d	Is a trade study performed to determine the costs/benefit of commercial off the shelf (COTS) environment and tool components versus in-house custom environment and tool components?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

2.4-3.7	-	T2.4-E-L3	Is assistance provided to accomplish tailoring (i.e. toolsmiths)?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2.4-3.8	-	T2.4-A-L3a	Is the configuration of the environment and tool components managed?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2.4-3.9	-	-	Is there a mechanism for reusing work products?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2.4-3.10	-	T2.4-I-L3	Is a standard set of process and product data recorded within the systems engineering environment?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2.4-3.11	-	T2.4-C-L3	Do tools support the standard systems engineering process?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2.4-3.12	-	T2.4-D-L3	Is the adequacy of environment and tool support assessed?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2.4-3.13	G16	-	Are metrics collected for assessing the effectiveness of environment and tool support?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2.4-3.14	G17	-	Are peer/defect reviews conducted to assess and improve environment and tool support activities and products?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2.4-3.15	G18	-	Are environment and tool support processes standardized across the organization?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2.4-3.16	-	T2.4-A-L3b	Has a standard environment and set of tools been established for application to systems engineering tasks?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2.4-3.17	-	T2.4-G-L3a	Does the environment and its information infrastructure facilitate the sharing of all information across all disciplines participating on a program?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2.4-3.18	-	T2.4-G-L3b	Are all tools in the environment suitably integrated?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2.4-3.19	-	T2.4-F-L3	Are the environment and tools tailorable for specific program requirements?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2.4-3.20	G19	-	Are guidelines provided to allow the program to tailor the standard environment and tool for its specific needs?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2.4-3.21	-	T2.4-H-L3	Is use of the standard environment and tools mandated by management?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2.4-3.22	-	T2.4-J-L3	Is the information provided by the tools used in decision making processes?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2.4-3.23	G20	-	Are the products / results of the environment and tool support activities at least of significant value to the organization?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2.4-3.24	G21	-	Are environment and tool support activities at least of significant effectiveness?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

Systems Engineering deskundigheid (niet afgerond)	1,526	1,579	1,579	1,579
--	-------	-------	-------	-------

Systems Engineering deskundigheidsklasse	Performed	Performed	Performed	Performed
---	-----------	-----------	-----------	-----------

KFA 3.1 System Concept

				N31; Harlingen - Zurich	Overkap- pings- con- structie A2 Utrecht	Hanzelijn; Dronter- meer - Zwolle	Recon- structie A28 - Hogeweg Amers- foort
3.1-1.1	G1	-	Is system concept definition being performed in at least an informal manner?	ja	ja	ja	ja
3.1-1.2	G2	-	Are system concept definition activities planned for the program?	ja	ja	ja	ja
3.1-1.3	-	T3.1-A-L1	Are customer/user needs and constraints documented and understood?	ja	ja	ja	ja
3.1-1.4	-	T3.1-B-L1	Are stakeholder needs and constraints documented and understood?	ja	ja	ja	ja
3.1-1.5	-	T3.1-C-L1a	Are technological limitations documented and understood?	ja	ja	ja	ja
3.1-1.6	-	T3.1-D-L1	Is more than one alternative system concept considered?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.1-1.7	-	T3.1-E-L1	Are cost drivers associated with each system concept considered?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.1-1.8	-	T3.1-F-L1	Are risk items associated with each system concept considered?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.1-1.9	-	T3.1-G-L1	Is the complexity of each system concept considered?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.1-1.10	-	T3.1-C-L1b	Are system expansion and growth concepts considered as part of system concept definition activities?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.1-1.11	G3	-	Are the products / results of system concept definition activities at least of marginal value to the program?	ja	ja	ja	ja
3.1-1.12	G4	-	Are system concept definition activities at least of marginal effectiveness?	ja	ja	ja	ja
3.1-2.1	G5	-	Does the program follow a written organizational policy (may be part of a broader policy) for implementing system concept definition activities?	ja	ja	ja	ja
3.1-2.2	G6	-	Is there an approved plan (may be part of a larger technical management plan) for the program to perform system concept definition?	ja	ja	ja	ja
3.1-2.3	-	-	Are the key elements of the system concepts documented?	ja	ja	ja	ja
3.1-2.4	-	T3.1-G-L2a	Is the level of detail and rigor for each system concept alternative developed commensurate with the anticipated size and complexity of the system?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.1-2.5	G7	-	Is there a designated systems engineering manager or team leader responsible for system concept definition on the program?	nee	ja	ja	ja
3.1-2.6	-	-	Does the concept definition team have a broad technology background in the primary engineering disciplines required of the system?	ja	ja	ja	ja
3.1-2.7	-	-	Does the concept definition team have domain experience in the area(s) of customer/user needs and operational goals?	ja	ja	ja	ja
3.1-2.8	-	T3.1-H-L2a	Are operational scenarios developed to scope the anticipated uses of the system?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.1-2.9	-	-	Are customer/user needs captured in the form of a user requirements baseline?	ja	ja	ja	ja
3.1-2.10	-	T3.1-B-L2	Do documented stakeholder constraints drive the selection and evaluation of alternative solutions?	ja	ja	ja	ja
3.1-2.11	-	T3.1-A-L2	Are customers/users involved in trade studies, especially where key requirements cannot all be met?	ja	ja	ja	ja
3.1-2.12	-	T3.1-C-L2	Are potential technological limitations considered during trade studies of alternative system concepts?	nee	ja	ja	nee
3.1-2.13	-	T3.1-E-L2	Are cost drivers considered during trade studies of alternative system concepts?	nee	ja	ja	nee
3.1-2.14	-	T3.1-F-L2	Are risk items considered during trade studies of alternative system concepts?	nee	nee	ja	nee
3.1-2.15	-	T3.1-G-L2b	Is the complexity of the system considered during trade studies of alternative system concepts?	nee	nee	ja	nee
3.1-2.16	-	-	Is functional analysis performed to establish a top-level functional baseline completely traceable to the user requirements baseline?	nee	nee	ja	nee
3.1-2.17	-	T3.1-D-L2	Are trade studies performed to select between alternative concepts?	nee	nee	ja	nee
3.1-2.18	-	T3.1-H-L2b	Are formal or informal reviews conducted on the system concept and its allocated baseline?	ja	ja	ja	ja
3.1-2.19	G8	-	Is the adequacy of resources (e.g. funding, staff, tools, etc.) provided for performing necessary engineering studies, including prototype development (as required), assessed?	nee	nee	nee	nee
3.1-2.20	-	-	Does the concept definition team have the necessary communication skills to interact with the customer and/or users to elicit statements of needs and goals?	ja	ja	ja	ja
3.1-2.21	-	-	Does the concept definition team possess the skills needed to develop and assess alternative conceptual approaches?	ja	ja	ja	ja

3.1-2.22	G9	-	When skills are inadequate, is training provided in system concept definition?	nee	ja	ja	ja
3.1-2.23	-	-	Does training include system concept definition techniques, assessment methods, and concept documentation?	nee	nee	nee	nee
3.1-2.24	G10	-	Is system concept definition and requirements flow down performed in a structured manner on the program?	ja	ja	ja	ja
3.1-2.25	G11	-	Are data collected for monitoring system concept definition activities?	nee	nee	nee	nee
3.1-2.26	G12	-	Are corrective actions initiated when system concept definition activities deviate significantly from the plan?	nee	nee	nee	nee
3.1-2.27	G13	-	Are the products / results of the system concept definition activities at least of adequate value to the program?	ja	ja	ja	ja
3.1-2.28	G14	-	Are system concept definition activities at least of adequate effectiveness?	ja	ja	ja	ja
3.1-3.1	G15	-	Are system concept definition activities planned, approved, and established according to a formal procedure?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.1-3.2	-	T3.1-A-L3	Are the customers/users of the system directly involved in the definition of the system concept alternatives?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.1-3.3	-	-	Are system capabilities identified which meet the user's needs and customer's expectations?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.1-3.4	-	T3.1-D-L3a	When selecting a preferred system concept, are a sufficient number of alternative system concepts evaluated?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.1-3.5	-	T3.1-H-L3a	Are constraints reviewed to establish their validity?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.1-3.6	-	T3.1-B-L3	Are conflicting stakeholder constraints balanced or resolved?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.1-3.7	-	T3.1-C-L3	Is growth in technological capability considered when evaluating alternative system concepts?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.1-3.8	-	T3.1-E-L3	Are life cycle implications of cost drivers considered as part of the trade studies of alternative system concepts?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.1-3.9	-	T3.1-G-L3	Are estimates of system complexity and the degree of coupling between system elements a factor in trade studies?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.1-3.10	-	T3.1-D-L3b	Are models, simulations, or prototypes used in the analytical process of selecting between alternative system concepts?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.1-3.11	-	T3.1-H-L3b	Is system performance predicted and confirmed across the dynamic range of system operation as required in the operational scenarios?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.1-3.12	-	T3.1-H-L3c	Is the fidelity of performance predictions validated?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.1-3.13	-	T3.1-D-L3c	Is a sensitivity analysis performed as part of trade studies?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.1-3.14	-	T3.1-H-L3d	Are user-system interactions analyzed?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.1-3.15	-	T3.1-H-L3e	Is there a mechanism to assess concept feasibility?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.1-3.16	-	-	Are scenarios describing system operation developed for each alternative system concept?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.1-3.17	-	-	Are scenarios describing life cycle support developed for each alternative system concept?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.1-3.18	-	T3.1-H-L3e	Are system and operational concepts documented to a level useful for deriving and validating system requirements?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.1-3.19	G16	-	Are metrics collected for assessing the effectiveness of system and operation concepts?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.1-3.20	G17	-	Are peer/defect reviews conducted to assess and improve system concept definition activities and products?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.1-3.21	G18	-	Are system concept definition processes standardized across the organization?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.1-3.22	G19	-	Are guidelines provided to allow the program to tailor the standard system concept definition process for its specific needs?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.1-3.23	G20	-	Are the products / results of the system concept definition activities at least of significant value to the program?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.1-3.24	G21	-	Are system concept definition activities at least of significant effectiveness?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

Systems Engineering deskundigheid (niet afgerond)	1,538	1,692	1,846	1,615
--	-------	-------	-------	-------

Systems Engineering deskundigheidsklasse	Performed	Performed	Performed	Performed
---	-----------	-----------	-----------	-----------

KFA 3.2 Requirements and Functional Analysis

				N31; Harlingen - Zurich	Overkap- pings- con- structie A2 Utrecht	Hanzelijn; Dronter- meer - Zwolle	Recon- structie A28 - Hogeweg Amers- foort
3.2-1.1	G1	-	Is requirements analysis being accomplished by the program in at least an informal manner?	ja	ja	ja	ja
3.2-1.2	-	-	Is functional analysis being accomplished by the program in at least an informal manner?	nee	nee	ja	nee
3.2-1.3	G2	-	Are requirements and functional analysis activities planned for the program?	nee	ja	ja	ja
3.2-1.4	-	T3.2-A-L1	Are stakeholder constraints included in the user requirements baseline?	ja	ja	ja	ja
3.2-1.5	-	T3.2-B-L1	Are subsystem requirements documented?	nee	ja	ja	ja
3.2-1.6	-	T3.2-C-L1	Is the functional architecture developed, related to, and consistent with, the system and subsystem requirements?	nee	nee	ja	nee
3.2-1.7	-	T3.2-D-L1	Is sequencing of time-critical functions considered?	nee	nee	ja	nee
3.2-1.8	-	T3.2-E-L1	Are trade studies conducted during requirements and functional analysis to select between competing alternatives?	nee	ja	ja	nee
3.2-1.9	-	T3.2-F-L1	Are stakeholders provided an opportunity to review requirements?	ja	ja	ja	ja
3.2-1.10	-	T3.2-G-L1	Are requirements reviewed for errors?	ja	ja	ja	ja
3.2-1.11	-	T3.2-H-L1	Are requirements reviewed for completeness?	ja	ja	ja	ja
3.2-1.12	-	T3.2-I-L1	Is the complexity of requirements considered?	nee	ja	ja	ja
3.2-1.13	-	T3.2-J-L1	Are changes to requirements documented?	ja	ja	ja	ja
3.2-1.14	G3	-	Are the products / results of the requirements and functional analysis activities at least of marginal value to the program?	ja	ja	ja	ja
3.2-1.15	G4	-	Are requirements and functional analysis activities at least of marginal effectiveness?	ja	ja	ja	ja
3.2-2.1	G5	-	Does the program follow a written organizational policy (may be part of a broad-based policy) that requires the management and flow down of system requirements and the development of a corresponding functional architecture?	n.v.t.	n.v.t.	nee	n.v.t.
3.2-2.2	G6	-	Is there an approved program plan (may be part of a larger technical management plan) describing how requirements and functional analysis will be defined and managed?	n.v.t.	n.v.t.	ja	n.v.t.
3.2-2.3	G7	-	Is responsibility designated for the management of requirements and functional analysis on the program?	n.v.t.	n.v.t.	ja	n.v.t.
3.2-2.4	-	T3.2-F-L2	Do stakeholders participate in the requirements approval process?	n.v.t.	n.v.t.	ja	n.v.t.
3.2-2.5	-	T3.2-A-L2	Does the program perform a planned sequence of tasks to transform customer/user expectations and constraints into a system requirements baseline (including subsystem requirements)?	n.v.t.	n.v.t.	nee	n.v.t.
3.2-2.6	-	T3.2-C-L2a	Are system-level requirements allocated and flowed-down to subsystems?	n.v.t.	n.v.t.	ja	n.v.t.
3.2-2.7	-	T3.2-E-L2a	Are trade studies performed to select between alternative lower-level requirements?	n.v.t.	n.v.t.	nee	n.v.t.
3.2-2.8	-	T3.2-G-L2	Are requirements inspected for errors?	n.v.t.	n.v.t.	ja	n.v.t.
3.2-2.9	-	T3.2-H-L2	Are requirements inspected for completeness?	n.v.t.	n.v.t.	ja	n.v.t.
3.2-2.10	-	T3.2-I-L2	Are requirements inspected to establish complexity?	n.v.t.	n.v.t.	nee	n.v.t.
3.2-2.11	-	T3.2-J-L2	Are changes to requirements managed?	n.v.t.	n.v.t.	ja	n.v.t.
3.2-2.12	-	T3.2-L-L2	Is the impact of system requirement changes evaluated?	n.v.t.	n.v.t.	nee	n.v.t.
3.2-2.13	-	T3.2-K-L2	Is the system-level functional architecture reduced to lower-level functions?	n.v.t.	n.v.t.	ja	n.v.t.
3.2-2.14	-	T3.2-D-L2	Is a time line analysis generated for sequencing of time-critical functions?	n.v.t.	n.v.t.	nee	n.v.t.
3.2-2.15	-	T3.2-E-L2b	Are trade studies performed to select between alternative lower-level functional architectures?	n.v.t.	n.v.t.	ja	n.v.t.
3.2-2.16	-	T3.2-E-L2c	Is system design considered as a potential constraint in determining feasible solutions for functional architecture trade studies?	n.v.t.	n.v.t.	nee	n.v.t.
3.2-2.17	-	T3.2-E-L2d	Do trade studies conducted consider cost, schedule, and performance?	n.v.t.	n.v.t.	ja	n.v.t.
3.2-2.18	-	T3.2-B-L2	Is requirements analysis conducted iteratively in conjunction with functional analysis to develop lower level subsystem requirements?	n.v.t.	n.v.t.	nee	n.v.t.
3.2-2.19	-	T3.2-C-L2b	Are subsystem requirements traceable to the customer/user requirements baseline?	n.v.t.	n.v.t.	ja	n.v.t.
3.2-2.20	-	T3.3-M-L2	Are discrepancies between lower-level requirements and the customer/user baseline identified and resolved?	n.v.t.	n.v.t.	ja	n.v.t.
3.2-2.21	G8	-	Is the adequacy of resources (e.g., funding, staff, tools, etc.) provided for managing requirements and functional analysis assessed?	n.v.t.	n.v.t.	nee	n.v.t.
3.2-2.22	-	-	Does the requirements capture and functional architecture team consist of personnel with appropriate skills?	n.v.t.	n.v.t.	ja	n.v.t.

3.2-2.23	G9	-	When skills are inadequate, is training provided in requirements and functional analysis?	n.v.t.	n.v.t.	ja	n.v.t.
3.2-2.24	-	-	Are tools and models used where appropriate to conduct requirements and functional analyses?	n.v.t.	n.v.t.	nee	n.v.t.
3.2-2.25	G10	-	Are subsystem requirements being developed in a structured manner on the program?	n.v.t.	n.v.t.	ja	n.v.t.
3.2-2.26	-	-	Is the functional architecture being developed in a structured manner?	n.v.t.	n.v.t.	nee	n.v.t.
3.2-2.27	G11	-	Is data collected for monitoring requirements and functional analysis activities?	n.v.t.	n.v.t.	nee	n.v.t.
3.2-2.28	G12	-	Are corrective actions initiated when requirements and functional analysis activities deviate significantly from the plan?	n.v.t.	n.v.t.	nee	n.v.t.
3.2-2.29	G13	-	Are the products / results of the requirements and functional analysis activities at least of adequate value to the program?	n.v.t.	n.v.t.	ja	n.v.t.
3.2-2.30	G14	-	Are requirements and functional analysis activities at least of adequate effectiveness?	n.v.t.	n.v.t.	ja	n.v.t.
3.2-3.1	G15	-	Are requirements and functional analysis activities planned, approved, and established according to a formal procedure?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.2-3.2	-	-	Are requirements and functional analysis managed throughout the program's life cycle?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.2-3.3	-	T3.2-B-L3	Are standards applied to the generation and documentation of subsystem requirements and the corresponding subsystem functional architecture?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.2-3.4	-	T3.2-J-L3a	Are requirements reviewed for completeness, feasibility (risk), verifiability, clarity, and consistency, before they are incorporated into and committed by the program?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.2-3.5	-	T3.2-F-L3	Is stakeholder participation in the requirements approval process required?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.2-3.6	-	T3.3-M-L3a	Is active customer/user participation sought to identify and resolve discrepancies between lower-level requirements and the customer/user baseline?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.2-3.7	-	T3.2-D-L3a	Are the allocated requirements used as the basis for plans, work products, and activities?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.2-3.8	-	-	Are models, simulations, or prototyping mechanisms used during the analytical process?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.2-3.9	-	-	Are models, simulations, or prototyping mechanisms used during the analytical process validated?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.2-3.10	-	-	Are allocated requirements and lower-level functional architectures described and disseminated in documentation, models, etc.?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.2-3.11	-	-	Are verification criteria documented in conjunction with the allocated requirements and corresponding functional architecture?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.2-3.12	-	T3.2-J-L3b	Are changes to the allocated requirements reviewed for impact on feasibility, cost, schedule, risk, etc. before being incorporated into the program?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.2-3.13	-	T3.2-C-L3a	Are subsystem requirements traceable to the definition of the system functional architecture?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.2-3.14	-	-	Are allocated requirements used to guide the definition of the functional architecture of each subsystem component?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.2-3.15	-	T3.2-D-L3b	Is a time line analysis generated for sequencing of time-critical functions for critical use modes of the system and subsystems?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.2-3.16	-	T3.2-C-L3b	Are derived requirements traceable to analysis and design rationale?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.2-3.17	-	-	Is system design margin managed and controlled across the program to mitigate requirement shortfalls within individual configuration items?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.2-3.18	-	T3.2-J-L3c	Are relationships between requirements identified and tracked in order to manage the impact of requirement changes during the development process?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.2-3.19	-	-	Are non-technical requirements (e.g. certification, safety, producibility, etc...) managed and weighted with respect to operational and functional requirements?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.2-3.20	-	-	Are existing designs and products assessed against requirements, functional architecture and verification plans?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.2-3.21	-	T3.2-E-L3a	Is a formal discussion captured reflecting constraints and criteria used to evaluate alternatives?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.2-3.22	-	T3.2-E-L3b	Are the applicable interfaces addressed when selecting viable alternatives?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.2-3.23	-	T3.2-E-L3c	Are deliberations on each alternative conducted by applying a standard set of "rules of evidence"?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.2-3.24	-	T3.2-C-L3c	Are all lower level requirements traceable to higher level requirements?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.2-3.25	-	T3.2-C-L3d	Are all lower level functions traceable to higher level functions?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.2-3.26	-	-	Is there a mechanism for periodic review of the requirements and their relationship to the functional architecture?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.2-3.27	-	T3.2-C-L3e	Are standards for requirements traceability applied to the program?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

3.2-3.28	-	T3.2-K-L3	Are standards for reducing requirements and functions applied to the program?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.2-3.29	-	T3.2-H-L3a	Is there a formal process to establish documented criteria for correctness and completeness of requirements?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.2-3.30	-	T3.2-G-L3	Are formal reviews used to inspect requirements for errors?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.2-3.31	-	T3.2-H-L3b	Are formal reviews used to inspect requirements for completeness?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.2-3.32	-	T3.2-I-L3	Are formal reviews used to establish requirement complexity?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.2-3.33	-	T3.2-M-L3b	Are the action items resulting from formal reviews of the requirements controlled and tracked to closure?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.2-3.34	-	T3.2-J-L3f	Is a mechanism used for controlling changes to the system requirements?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.2-3.35	-	-	Are system and system component requirements formally reviewed?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.2-3.36	-	T3.2-J-3h	Is a mechanism used for controlling changes to the system, subsystem and configuration item specifications?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.2-3.37	-	T3.3-L-L3	Is the impact of system requirement changes evaluated regressively (i.e. for secondary effects within the system)?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.2-3.38	-	-	Does program management review each specification prior to making contractual estimates, schedules and personnel assignments?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.2-3.39	G16	-	Are metrics collected for assessing the effectiveness of requirements and functional analysis activities?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.2-3.40	G17	-	Are peer/defect reviews conducted to assess and improve requirements and functional analysis activities and products?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.2-3.41	G18	-	Is the process for requirements and functional analysis standardized across the organization?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.2-3.42	G19	-	Are guidelines provided to allow the program to tailor the standard requirements and functional analysis process for its specific needs?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.2-3.43	G20	-	Are the products / results of the requirements and functional analysis activities at least of significant value to the program?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.2-3.44	G21	-	Are requirements and functional analysis activities at least of significant effectiveness?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

Systems Engineering deskundigheid (niet afgerond)	0,533	0,800	1,567	0,733
--	-------	-------	-------	-------

Systems Engineering deskundigheidsklasse	Initial	Initial	Performed	Initial
---	---------	---------	-----------	---------

KFA 3.3 System Design

				N31; Harlingen - Zurich	Overkap- pings- con- structie A2 Utrecht	Hanzelijn; Dronter- meer - Zwolle	Recon- structie A28 - Hogeweg Amers- foort
3.3-1.1	G1	-	Is system design being performed in at least an informal manner?	nee	ja	ja	ja
3.3-1.2	G2	-	Are system design activities planned for the program?	nee	ja	ja	ja
3.3-1.3	-	T3.3-A-L1	Are system requirements assigned to hardware, software, and other system components?	nee	ja	ja	ja
3.3-1.4	G3	-	Are the products / results of the system design activities at least of marginal value to the program?	nee	ja	ja	ja
3.3-1.5	G4	-	Are system design activities at least of marginal effectiveness?	nee	ja	ja	ja
3.3-2.1	G5	-	Does the program follow a written organizational policy (may be part of a broad-based policy) for implementing the design process for system and subsystem development?	n.v.t.	nee	nee	nee
3.3-2.2	G6	-	Is there an approved plan (may be part of a larger technical management plan) for the program to perform system design?	n.v.t.	ja	ja	ja
3.3-2.3	G7	-	Is there a designated systems engineering manager or team leader responsible for the management of system design on the program?	n.v.t.	ja	ja	ja
3.3-2.4	-	-	Are systems engineering personnel assigned to perform system design, prepare documentation, and initiate design?	n.v.t.	ja	ja	ja
3.3-2.5	-	-	Is there a mechanism to assure compliance with the architecture guidelines and rules during design and implementation?	n.v.t.	nee	nee	nee
3.3-2.6	-	-	Are a planned sequence of tasks performed to transform system requirements into a functional baseline?	n.v.t.	nee	nee	nee
3.3-2.7	-	T3.3-A-L2	Are system requirements and functions allocated to hardware, software, and other system components?	n.v.t.	ja	ja	ja
3.3-2.8	-	-	Are key system components traceable to the requirements baseline?	n.v.t.	ja	ja	ja
3.3-2.9	-	-	Are a planned sequence of tasks performed to synthesize a physical product?	n.v.t.	nee	nee	nee
3.3-2.10	-	T3.3-B-L2	Are trade studies performed to select between candidate design alternatives when required?	n.v.t.	ja	ja	nee
3.3-2.11	G8	-	Is the adequacy of resources (e.g., funding, staff, tools, etc.) provided to accomplish system design activities assessed?	n.v.t.	nee	nee	nee
3.3-2.12	-	-	Does the system design team consist of personnel with appropriate engineering skills?	n.v.t.	ja	ja	ja
3.3-2.13	G9	-	When skills are inadequate, is training provided to systems engineering personnel involved with system design?	n.v.t.	ja	ja	ja
3.3-2.14	-	T3.3-C-L2	Does the system design team identify and resolve design issues?	n.v.t.	ja	ja	ja
3.3-2.15	-	-	Does the system design team design and control all system interfaces? If not, does the system design team coordinate system design with other system integration teams that are responsible for interfaces not under control of the system design team?	n.v.t.	ja	ja	ja
3.3-2.16	-	-	Is there a designated individual or team responsible for establishing, maintaining, and monitoring the system architecture?	n.v.t.	ja	ja	ja
3.3-2.17	-	-	Is there a designated individual or team responsible for enforcing the baseline system architecture during design and development?	n.v.t.	ja	ja	ja
3.3-2.18	-	-	Are appropriate tools available to conduct system design activities?	n.v.t.	ja	ja	ja
3.3-2.19	-	T3.3-D-L2	Are design issues addressed in formal and informal reviews?	n.v.t.	ja	ja	ja
3.3-2.20	G10	-	Is system design accomplished on the program in a structured manner?	n.v.t.	nee	ja	ja
3.3-2.21	G11	-	Is data collected for monitoring system design activities?	n.v.t.	nee	nee	nee
3.3-2.22	G12	-	Are corrective actions initiated when system design activities deviate significantly from the plan?	n.v.t.	ja	ja	ja
3.3-2.23	G13	-	Are the products / results of the system design activities at least of adequate value to the program?	n.v.t.	ja	ja	ja
3.3-2.24	G14	-	Are system design activities at least of adequate effectiveness?	n.v.t.	ja	ja	ja
3.3-3.1	G15	-	Are system design activities planned, approved, and established according to a formal procedure?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.3-3.2	-	-	Are exit criteria for system design established at the beginning of the program?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.3-3.3	-	-	Is there a mechanism for modifying the system design plan if conditions warrant?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.3-3.4	-	-	Are system component design inspections conducted?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

3.3-3.5	-	-	Are system component implementation inspections conducted?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.3-3.6	-	T3.3-D-L3a	Are internal design review standards applied?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.3-3.7	-	-	Are the design process errors analyzed during product design and test to determine the distribution and characteristics of the errors found?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.3-3.8	-	T3.3-D-L3b	Are system design reviews conducted internally?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.3-3.9	-	T3.3-A-L3a	Are all elements (i.e. configuration items) of the system design traceable to the requirements baseline?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.3-3.10	-	T3.3-A-L3b	Are non-traceable elements of the system design justified or resolved?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.3-3.11	-	-	Is there a mechanism to design system components for reuse by other programs?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.3-3.12	-	-	Is a process used for determining if the prototyping of system functions is an appropriate part of the design process?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.3-3.13	-	T3.3-B-L3	Is there a mechanism to identify opportunities for trade studies throughout system development?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.3-3.14	-	T3.3-C-L3	Is the analysis and resolution of system design issues reviewed for adequacy and completeness?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.3-3.15	G16	-	Are metrics for assessing the effectiveness of system design activities developed according to a formal procedure?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.3-3.16	G17	-	Are peer/defect reviews conducted to assess and improve system design activities and products?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.3-3.17	G18	-	Are system design processes standardized across the organization?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.3-3.18	G19	-	Are guidelines provided to allow the program to tailor the standard system design process for its specific needs?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.3-3.19	G20	-	Are the products / results of the system design activities at least of significant value to the program?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.3-3.20	G21	-	Are system design activities at least of significant effectiveness?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

Systems Engineering deskundigheid (niet afgerond)	0,000	1,708	1,750	1,708
--	-------	-------	-------	-------

Systems Engineering deskundigheidsklasse	Initial	Performed	Performed	Performed
---	---------	-----------	-----------	-----------

KFA 3.4 Integrated Engineering Analysis

				N31; Harlingen - Zurich	Overkap- pings- con- structie A2 Utrecht	Hanzelijn; Dronter- meer - Zwolle	Recon- structie A28 - Hogeweg Amers- foort
3.4-1.1	G1	-	Is the integration of engineering analysis being accomplished in at least an informal manner?	ja	ja	ja	ja
3.4-1.2	G2	-	Are integrated engineering analysis activities planned for the program?	ja	ja	ja	ja
3.4-1.3	-	T3.4-A-L1	Are both traditional and speciality engineering disciplines involved in analysis activities as needed?	ja	ja	ja	ja
3.4-1.4	-	T3.4-I-L1	Do trade studies clearly produce a recommended alternative?	nee	ja	ja	nee
3.4-1.5	G3	-	Are the products / results of the integrated engineering analysis activities at least of marginal value to the program?	ja	ja	ja	ja
3.4-1.6	G4	-	Are integrated engineering analysis activities at least of marginal effectiveness?	ja	ja	ja	ja
3.4-2.1	G5	-	Does the program follow a written organizational policy (may be part of a broad-based policy) requiring integrated engineering analysis activities?	n.v.t.	nee	nee	n.v.t.
3.4-2.2	G6	-	Is there an approved plan (may be part of a larger technical plan) for the program that identifies integrated engineering analysis activities?	n.v.t.	ja	ja	n.v.t.
3.4-2.3	G7	-	Has the responsibility for coordinating integrated engineering analysis activities been assigned?	n.v.t.	nee	nee	n.v.t.
3.4-2.4	-	T3.4-A-L2	Are processes for assembling the right mix of technical disciplines established?	n.v.t.	ja	ja	n.v.t.
3.4-2.5	-	T3.4-B-L2	Are sufficient personnel in each discipline available to vary the composition of multi-discipline teams?	n.v.t.	ja	ja	n.v.t.
3.4-2.6	G8	-	Is the adequacy of resources (e.g. funding, staff, tools, etc.) provided for integrated engineering analysis activities assessed?	n.v.t.	nee	nee	n.v.t.
3.4-2.7	-	-	Do the integrated engineering analysis teams consist of personnel with the relevant engineering/technical skills?	n.v.t.	ja	ja	n.v.t.
3.4-2.8	G9	-	When analytical skills are inadequate, is training provided?	n.v.t.	nee	nee	n.v.t.
3.4-2.9	-	T3.4-C-L2	Are integrated engineering analysis teams assembled regularly to address design and development questions?	n.v.t.	nee	nee	n.v.t.
3.4-2.10	-	-	Are requirements and objectives for trades studies established?	n.v.t.	ja	ja	n.v.t.
3.4-2.11	-	T3.4-D-L2	Are alternatives for consideration clearly established?	n.v.t.	ja	ja	n.v.t.
3.4-2.12	-	T3.4-E-L2	Are objective selection criteria formulated?	n.v.t.	ja	ja	n.v.t.
3.4-2.13	-	-	Are weightings established for selection criteria?	n.v.t.	ja	ja	n.v.t.
3.4-2.14	-	-	Are significant alternative requirements, functions, and design solutions selected by means of trade studies on the program?	n.v.t.	nee	nee	n.v.t.
3.4-2.15	-	T3.4-F-L2	In addition to technical matters, do trade studies consider cost, and schedule?	n.v.t.	ja	ja	n.v.t.
3.4-2.16	-	T3.4-G-L2	Are results of trade studies documented?	n.v.t.	ja	ja	n.v.t.
3.4-2.17	-	T3.4-H-L2	Are tools and metrics defined to support activities requiring integrated engineering analysis?	n.v.t.	nee	nee	n.v.t.
3.4-2.18	G10	-	Is integrated engineering analysis performed on the program in a structured manner?	n.v.t.	nee	nee	n.v.t.
3.4-2.19	G11	-	Is data collected for monitoring integrated engineering analysis activities?	n.v.t.	nee	nee	n.v.t.
3.4-2.20	G12	-	Are corrective actions initiated when integrated engineering analysis activities deviate significantly from the plan?	n.v.t.	nee	nee	n.v.t.
3.4-2.21	G13	-	Are the products / results of the integrated engineering analysis activities at least of adequate value to the program?	n.v.t.	ja	ja	n.v.t.
3.4-2.22	G14	-	Are integrated engineering analysis activities at least of adequate effectiveness?	n.v.t.	ja	ja	n.v.t.
3.4-3.1	G15	-	Are integrated engineering analysis activities planned, approved, and established according to a formal procedure?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.4-3.2	-	-	Is an environment established that promotes the integrated development of products and their related processes?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.4-3.3	-	-	Is a mechanism used for ensuring traceability between the system requirements and lower level specification requirements?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.4-3.4	-	-	Is a mechanism used for ensuring traceability between the system requirements and the top level designs?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.4-3.5	-	-	Is traceability maintained between the trades studies conducted and the impacted requirements, functions, and design features?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.4-3.6	-	T3.4-C-L3	Are groups responsible for integrated engineering analysis regularly assembled to surface and resolve design and development problems?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

3.4-3.7	-	T3.4-B-L3	Are the participants in integrated engineering analysis activities varied with respect to where the program is in the development life cycle?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.4-3.8	-	-	Are the efforts of engineering analysis teams coordinated to identify and communicate problems to be solved?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.4-3.9	-	T3.4-A-L3	Are the efforts of multi-discipline engineering/technical teams coordinated to identify viable alternative solutions?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.4-3.10	-	T3.4-E-L3	Does the formulation of selection criteria include both objective and subjective criteria?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.4-3.11	-	T3.4-D-L3	Is the number of alternative candidates for consideration expanded, as necessary, to reflect the widest possible range of distinctly different solutions in order to achieve the overall goal of optimized system design?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.4-3.12	-	-	Are alternative candidates screened for their ability to solve the stated problem in order to ensure that analysis effort is not wasted on non-productive solutions?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.4-3.13	-	T3.4-F-L3	Is a mechanism established to identify risks for each candidate solution?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.4-3.14	-	-	Is more than one decision method considered for the evaluation of critical program problems?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.4-3.15	-	T3.4-I-L3a	Is a sensitivity analysis performed to provide confidence in the selection of an alternative?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.4-3.16	-	T3.4-I-L3b	Is the selected alternative verified to meet all engineering and technical requirements?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.4-3.17	-	T3.4-G-L3a	Are the results of integrated engineering analysis and associated decision rationale documented and communicated to all affected groups?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.4-3.18	-	T3.4-G-L3b	Does trade studies documentation include objectives, candidates considered/rejected, method of evaluation, selection criteria, success criteria, sensitivity analysis, selected alternative, and degree of confidence?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.4-3.19	-	-	Are exit criteria used to determine when requirements analysis, design, integration, and verification are complete for each system component?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.4-3.20	-	T3.4-H-L3	Are a common set of metrics available for integrated engineering analysis?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.4-3.21	G16	-	Are metrics collected for assessing the effectiveness of integrated engineering analysis activities?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.4-3.22	G17	-	Are peer/defect reviews conducted to assess and improve integrated engineering analysis activities and products?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.4-3.23	G18	-	Are integrated engineering analysis processes standardized across the organization?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.4-3.24	G19	-	Are guidelines provided to allow the program to tailor the standard integrated engineering analysis process for its specific needs?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.4-3.25	G20	-	Are the products / results of the integrated engineering analysis activities at least of significant value to the program?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.4-3.26	G21	-	Are integrated engineering analysis activities at least of significant effectiveness?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

Systems Engineering deskundigheid (niet afgerond)	0,833	1,545	1,545	0,833
--	-------	-------	-------	-------

Systems Engineering deskundigheidsklasse	Initial	Performed	Performed	Initial
---	---------	-----------	-----------	---------

KFA 3.5 System Integration

				N31; Harlingen - Zurich	Overkap- pings- con- structie A2 Utrecht	Hanzelijn; Dronter- meer - Zwolle	Recon- structie A28 - Hogeweg Amers- foort
3.5-1.1	G1	-	Is system integration being accomplished in at least an informal manner?	ja	ja	ja	ja
3.5-1.2	-	T3.5-A-L1	Is incremental system integration being accomplished in at least an informal manner?	ja	ja	ja	ja
3.5-1.3	G2	-	Are system integration activities planned for the program?	ja	ja	ja	ja
3.5-1.4	G3	-	Are the products / results of the system integration activities at least of marginal value to the program?	ja	ja	ja	ja
3.5-1.5	G4	-	Are system integration activities at least of marginal effectiveness?	ja	ja	ja	ja
3.5-2.1	G5	-	Does the program follow a written organizational policy (may be part of a broad-based policy) for implementing system integration?	ja	ja	ja	ja
3.5-2.2	-	T3.5-A-L2a	Does the policy require planning of system integration and interface control?	ja	ja	ja	ja
3.5-2.3	G6	-	Is there an approved plan (may be part of a larger technical management plan) for the program to perform system integration?	ja	ja	ja	ja
3.5-2.4	-	T3.5-B-L2	Does the approved system integration plan identify interfaces between affected subsystems and require management of their design, documentation, and change control?	ja	ja	ja	ja
3.5-2.5	G7	-	Is there a designated systems engineering manager or team leader responsible for interface management on the program?	nee	nee	ja	nee
3.5-2.6	-	-	Are systems engineering personnel assigned to perform interface design, documentation, and initiate design modifications?	nee	nee	nee	nee
3.5-2.7	-	-	Are systems integration personnel, who have experience in incremental integration and rapid prototyping, assigned to the program?	nee	nee	nee	nee
3.5-2.8	G8	-	Is adequacy of resources (e.g., funding, staff, tools, etc.) provided to conduct system integration activities assessed (independently from the adequacy of resources provided for system design activities)?	nee	nee	nee	nee
3.5-2.9	-	-	Are appropriate tools available to conduct interface definition and design?	ja	ja	ja	ja
3.5-2.10	-	T3.5-D-L2	Are interface control documents placed under inter-organizational configuration control?	nee	nee	ja	ja
3.5-2.11	-	T3.5-C-L2	Are interface issues addressed in design reviews?	ja	ja	ja	ja
3.5-2.12	-	-	Are personnel skills adequate to perform system integration?	ja	ja	ja	ja
3.5-2.13	G9	-	When skills are inadequate, is training provided to systems engineering personnel involved in system integration?	nee	nee	nee	ja
3.5-2.14	-	-	When system integration involves multiple int. & ext. organizations, do the assigned systems engineers have the necessary people skills to be effective in working together in a diverse group to achieve an interface design that is optimal for the program?	ja	ja	ja	ja
3.5-2.15	-	T3.5-D-L2	When multiple companies are involved, are clear roles and responsibilities established for interface management?	nee	nee	ja	ja
3.5-2.16	G10	-	Is system integration accomplished on the program in a structured manner?	nee	nee	ja	ja
3.5-2.17	-	T3.5-A-L2b	Is incremental system integration accomplished on the program in a structured manner?	nee	nee	nee	nee
3.5-2.18	G11	-	Is data collected for monitoring system integration activities?	nee	nee	ja	ja
3.5-2.19	G12	-	Are corrective actions initiated when system integration activities deviate significantly from the plan?	nee	nee	ja	ja
3.5-2.20	G13	-	Are the products / results of the system integration activities at least of adequate value to the program?	ja	ja	ja	ja
3.5-2.21	G14	-	Are system integration activities at least of adequate effectiveness?	ja	ja	ja	ja
3.5-3.1	G15	-	Is the system integration plan developed and approved according to a formal procedure?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.5-3.2	-	T3.5-A-L3	Does the system integration plan employ an incremental integration approach?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.5-3.3	-	T3.5-B-L3a	Are all interfaces identified and managed?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.5-3.4	-	-	Are interface designs documented in a common interface control document format or database?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.5-3.5	-	-	Is interface design rationale captured in a formal report or database?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.5-3.6	-	T3.5-D-L3	Is inter-organizational configuration management of the interface control document(s) accomplished?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

3.5-3.7	-	T3.5-C-L3a	Are system integration issues included as an integral part of all formal, system level design reviews?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.5-3.8	-	T3.5-C-L3b	Are system integration issues assessed for their impact on the program?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.5-3.9	-	T3.5-C-L3c	Are system trouble reports resulting from integration activities, tracked to closure?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.5-3.10	-	T3.5-B-L3b	Is an interface control working group established that includes personnel from affected subsystems?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.5-3.11	-	-	Are decisions of the interface control working group documented and communicated to all interested parties?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.5-3.12	G16	-	Are metrics collected for the assessing the effectiveness of system integration activities?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.5-3.13	-	T3.5-D-L3	When multiple companies are involved in system integration, do they follow a formal procedure for conducting their integration activities?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.5-3.14	G17	-	Are peer/defect reviews conducted to assess and improve system integration activities and products?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.5-3.15	G18	-	Are system integration processes standardized across the organization?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.5-3.16	G19	-	Are guidelines provided to allow the program to tailor the standard system integration process for its specific needs?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.5-3.17	G20	-	Are the products / results of the system integration activities at least of significant value to the program?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.5-3.18	G21	-	Are system integration activities at least of significant effectiveness?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

Systems Engineering deskundigheid (niet afgerond)	1,476	1,476	1,762	1,762
--	-------	-------	-------	-------

Systems Engineering deskundigheidsklasse	Performed	Performed	Performed	Performed
---	-----------	-----------	-----------	-----------

KFA 3.6 System Verification

				N31; Harlingen - Zurich	Overkap- pings- con- structie A2 Utrecht	Hanzelijn; Droner- meer - Zwolle	Recon- structie A28 - Hogeweg Amers- foort
3.6-1.1	G1	-	Is system verification accomplished in at least an informal manner?	ja	ja	ja	ja
3.6-1.2	-	T3.6-A-L1	Is component and subsystem verification conducted in some fashion on the program to reduce the risk of failing system verification?	ja	ja	ja	ja
3.6-1.3	G2	-	Are system verification activities planned for the program?	ja	ja	ja	ja
3.6-1.4	G3	-	Are the products / results of the system verification activities at least of marginal value to the program?	ja	ja	ja	ja
3.6-1.5	G4	-	Are system verification activities at least of marginal effectiveness?	ja	ja	ja	ja
3.6-2.1	G5	-	Is there a written organizational policy (may be part of a broad-based policy) requiring management of system verification activities?	nee	nee	nee	nee
3.6-2.2	-	-	Does the organizational policy require activities in the early stages of the life cycle to mitigate the potential risk of not successfully passing system verification?	nee	nee	nee	nee
3.6-2.3	-	T3.6-B-L2	Does the policy require the development of a system verification plan?	nee	nee	nee	nee
3.6-2.4	G6	-	Is there an approved system verification plan (may be part of a larger technical management plan) for the program?	ja	ja	ja	ja
3.6-2.5	G7	-	Is there a designated systems engineering manager or team leader responsible for coordinating verification activities on the program?	nee	ja	ja	ja
3.6-2.6	-	-	Are systems engineering personnel assigned to perform verification activities for the verification plan?	nee	ja	ja	ja
3.6-2.7	-	-	Is funding provided to conduct system verification activities independent of the design and integration activities?	nee	nee	nee	nee
3.6-2.8	G8	-	Is the adequacy of resources (e.g., funding, staff, tools, etc.) provided for performing system verification activities assessed?	nee	nee	nee	nee
3.6-2.9	-	-	Is the composition or focus of the verification team sufficiently different than the composition of the design and analysis team?	nee	nee	nee	nee
3.6-2.10	-	T3.6-A-L2	Are new and/or unproven designs (i.e. highest risk) tested at the lowest assembly level to verify their compliance to established requirements early in the development life cycle?	ja	ja	ja	ja
3.6-2.11	-	T3.6-C-L2a	Are verification results documented?	ja	ja	ja	ja
3.6-2.12	-	-	Are appropriate tools available to support system verification activities?	ja	ja	ja	ja
3.6-2.13	-	T3.6-D-L2	Are verification issues (e.g., design deficiencies, interface problems) addressed in formal and/or informal design reviews?	ja	ja	ja	ja
3.6-2.14	-	-	Are technical skills adequate to perform the required system verification activities?	ja	ja	ja	ja
3.6-2.15	G9	-	When skills are inadequate, is training provided to system engineering personnel involved in system verification?	nee	nee	nee	nee
3.6-2.16	-	-	Are developmental verification activities conducted in a structured manner to reduce the risk of not passing system verification?	nee	ja	ja	ja
3.6-2.17	-	T3.6-C-L2b	Are the results of developmental verification used in a structured manner to support tracking and oversight of technical performance parameters?	nee	nee	nee	nee
3.6-2.18	G10	-	Is system verification accomplished on the program in a structured manner?	ja	ja	ja	ja
3.6-2.19	G11	-	Is data collected for monitoring system verification activities?	nee	nee	nee	nee
3.6-2.20	G12	-	Are corrective actions initiated when system verification activities deviate significantly from the plan?	ja	ja	ja	ja
3.6-2.21	G13	-	Are the products / results of the system verification activities at least of adequate value to the program?	nee	ja	ja	ja
3.6-2.22	G14	-	Are system verification activities at least of adequate effectiveness?	nee	ja	ja	ja
3.6-3.1	G15	-	Are system verification activities planned, approved and established according to a formal procedure?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.6-3.2	-	T3.6-B-L3	Is the system verification plan under configuration control?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.6-3.3	-	T3.6-A-L3	Are verification activities included in the early design stages of the standard systems engineering process to reduce risk of failing system verification?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.6-3.4	-	T3.6-C-L3a	Are standards applied to the preparation of verification documentation?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.6-3.5	-	T3.6-C-L3b	Are developmental verification results used to support tracking and oversight of technical performance parameters?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

3.6-3.6	-	T3.6-D-L3a	As requirement changes occur during system development, is there a mechanism to assure that regression analysis and re-verification are performed?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.6-3.7	-	T3.6-D-L3b	Are system verification issues (e.g., design deficiencies, interface problems) included as an integral part of all formal, system level design reviews?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.6-3.8	-	T3.6-D-L3c	Is there a mechanism to ensure that system verification issues (e.g., design deficiencies, interface problems) are assessed for their impact on the program?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.6-3.9	-	-	Are system verification issues (e.g., design deficiencies, interface problems) documented and communicated to all interested parties?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.6-3.10	-	-	Are system verification issues factored into risk analysis?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.6-3.11	G16	-	Are metrics collected for assessing the effectiveness of system verification activities?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.6-3.12	-	-	Are metrics collected for assessing the effectiveness of developmental verification activities?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.6-3.13	G17	-	Are peer/defect reviews conducted to assess and improve system verification activities and products?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.6-3.14	G18	-	Are system verification processes standardized across the organization?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.6-3.15	G19	-	Are guidelines provided to allow the program to tailor the standard system verification process for its specific needs?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.6-3.16	G20	-	Are the products / results of the system verification activities at least of significant value to the program?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.6-3.17	G21	-	Are system verification activities at least of significant effectiveness?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

Systems Engineering deskundigheid (niet afgerond)	1,364	1,591	1,591	1,591
--	-------	-------	-------	-------

Systems Engineering deskundigheidsklasse	Performed	Performed	Performed	Performed
---	-----------	-----------	-----------	-----------

KFA 3.7 System Validation

				N31; Harlingen - Zurich	Overkap- pings- con- structie A2 Utrecht	Hanzelijn; Dronter- meer - Zwolle	Recon- structie A28 - Hogeweg Amers- foort
3.7-1.1	G1	-	Is system validation accomplished in at least an informal manner?	nee	nee	nee	nee
3.7-1.2	-	T3.7-A-L1	Is early validation conducted in some fashion on the program to reduce the risk of failing system validation?	nee	nee	nee	nee
3.7-1.3	G2	-	Are system validation activities planned for the program?	nee	nee	nee	nee
3.7-1.4	G3	-	Are the products / results of the system validation activities at least of marginal value to the program?	nee	nee	nee	nee
3.7-1.5	G4	-	Are system validation activities at least of marginal effectiveness?	nee	nee	nee	nee
3.7-2.1	G5	-	Is there a written organizational policy (may be part of a broad-based policy) requiring management of system validation activities?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.7-2.2	-	-	Does the organizational policy require activities in the early stages of the life cycle to identify aspects of the system which pose a validation risk and to initiate appropriate early validation activities to mitigate the potential risk?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.7-2.3	-	T3.7-B-L1	Does the policy require the development of a system validation plan?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.7-2.4	G6	-	Is there an approved system validation plan (may be part of a larger technical management plan) on the program to evaluate related subsystems for their contribution to intended system operation?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.7-2.5	G7	-	Is there a designated systems engineering manager or team leader responsible for coordinating validation activities on the program?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.7-2.6	-	-	Are systems engineering personnel assigned to perform validation activities per the validation plan?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.7-2.7	-	-	Is funding provided to conduct system validation activities independent of the design, integration, and verification activities?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.7-2.8	-	-	Is funding provided to conduct early validation activities necessary to assure that the requirements if implemented will result in a system that meets the intended need?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.7-2.9	G8	-	Is the adequacy of resources (e.g., funding, staff, tools, etc.) provided for performing system validation activities assessed?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.7-2.10	-	-	Are appropriate tools available to support system validation activities (e.g. rapid prototyping, simulation, decision making, etc.)?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.7-2.11	-	T3.7-C-L2	Is the resolution of validation issues coordinated among affected projects within the program?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.7-2.12	-	-	Are technical skills adequate to perform the required system validation activities?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.7-2.13	G9	-	When skills are inadequate, is training provided to systems engineering personnel involved in system validation?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.7-2.14	-	T3.7-A-L2	Are early validation activities conducted in a structured manner to reduce the risk of not specifying valid requirements?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.7-2.15	-	T3.7-D-L2	Are the results of early validation used in a structured manner to support tracking and oversight of technical performance parameters?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.7-2.16	G10	-	Is system validation accomplished on the program in a structured manner?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.7-2.17	G11	-	Is data collected for monitoring system validation activities?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.7-2.18	G12	-	Are corrective actions initiated when system validation activities deviate significantly from the plan?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.7-2.19	G13	-	Are the products / results of the system validation activities at least of adequate value to the program?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.7-2.20	G14	-	Are system validation activities at least of adequate effectiveness?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.7-3.1	G15	-	Are system validation activities planned, approved and established according to a formal procedure?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.7-3.2	-	T3.7-B-L2	Is the system validation plan under configuration control?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.7-3.3	-	T3.7-A-L3	Are early validation activities included as part of concept definition to reduce risk of specifying invalid requirements?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.7-3.4	-	T3.7-D-L3	Are early validation results used in accordance with a formal procedure to support tracking and oversight of technical performance parameters?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.7-3.5	-	T3.7-C-L3	Are system validation issues (e.g., unanticipated or unintended functions or behavior) included as an integral part of all formal, system level design reviews?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.7-3.6	-	-	Are system validation issues (e.g., unanticipated or unintended functions or behavior) assessed for their impact on the program?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

3.7-3.7	-	-	Are system validation issues (e.g., unanticipated or unintended functions or behavior) documented and communicated to all interested parties?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.7-3.8	-	-	Are system validation issues factored into risk analysis?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.7-3.9	G16	-	Are metrics collected for assessing the effectiveness of system validation activities?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.7-3.10	-	-	Are metrics collected for assessing the effectiveness of early validation activities?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.7-3.11	G17	-	Are peer/defect reviews conducted to assess and improve system validation activities and products?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.7-3.12	G18	-	Are system validation processes standardized across the organization?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.7-3.13	G19	-	Are guidelines provided to allow the program to tailor the standard system validation process for its specific needs?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.7-3.14	G20	-	Are the products / results of the system validation activities at least of significant value to the program?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3.7-3.15	G21	-	Are system validation activities at least of significant effectiveness?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

Systems Engineering deskundigheid (niet afgerond)	0,000	0,000	0,000	0,000
--	-------	-------	-------	-------

Systems Engineering deskundigheidsklasse	Initial	Initial	Initial	Initial
---	---------	---------	---------	---------