

SE-wijzer, een praktische uitwerking van Systems Engineering voor bouwopgaven

ir. K.E. (Kasper) van Esch, ing. H.B. (Hans) van Ooijen
BAM Infraconsult

1. Inleiding

Systems Engineering (SE) begint in de bouw langzaam maar zeker meer voet aan de grond te krijgen. Dit uit zich doordat steeds vaker deze methode wordt voorgeschreven in contracten, er intussen een aantal documenten is verschenen die veel partijen in de sector beschouwen als 'standaard' voor SE in de bouw. Praktische hulpmiddelen (voornamelijk software) zijn inmiddels behoorlijk professioneel geworden.

Toch blijkt het toepassen van SE lang niet altijd een succes te zijn. Miscommunicatie, begripsverwarring, en gebrek aan motivatie of (gevoel van) administratieve rompslomp staan ogenschijnlijk een succesvolle toepassing vaak in de weg.

SE kan een goed instrument zijn voor beheersing van de verschillende fasen van het tot stand brengen van en het instandhouden (de levenscyclus) van een bouwwerk, vaak geconcentreerd in het ontwerp- en realisatieproces. Hiervoor dient het met verstand en kennis van zaken gebruikt te worden. BAM wil haar verantwoordelijkheid wat dat betreft nemen en heeft daarom de SE-wijzer ontwikkeld. Deze SE-wijzer vormt een zo praktisch mogelijke handleiding voor iedereen die met SE te maken heeft. Enkele kernpunten van de SE-wijzer zijn:

- SE is geïntegreerd in het herkenbare technisch proces wat zich bij alle bouwbedrijven afspeelt. Bij deze integratie in het technisch proces blijkt dat veel kenmerken van SE (weliswaar impliciet) al in de gebruikelijke werkwijze zijn ingebakken.
- Een echt open communicatie over eisen, verificatie en validatie tussen Opdrachtgever en Opdrachtnemer is cruciaal voor het succesvol kunnen toepassen van SE.
- SE is niet alleen van toepassing op de feitelijke ontwerp- en realisatieprocessen, de reikwijdte is veel groter. Wanneer SE goed werkt, heeft dit effect op de werkwijze van de gehele (project)organisatie. Hier is daarom van belang dat alle betrokkenen, van (hoger) management tot ontwerpers en uitvoerders, kennis hebben van en zich houden aan de basisprincipes zoals transparantie en aantoonbaarheid.

De SE-wijzer vormt een handleiding voor betrokkenen om zich met behulp van SE door het technisch proces te bewegen.

De opbouw van deze bijdrage is als volgt: in het volgende hoofdstuk (2) volgt een toelichting op de basisopzet van de SE-wijzer. In hoofdstuk 3 worden enkele onderwerpen en begrippen uitgelicht die van groot belang zijn voor het succesvol toepassen van SE in



bouwprojecten. Hoofdstuk 4 gaat in op enkele ondersteunende processen en in het slothoofdstuk volgen enkele conclusies / stellingen.

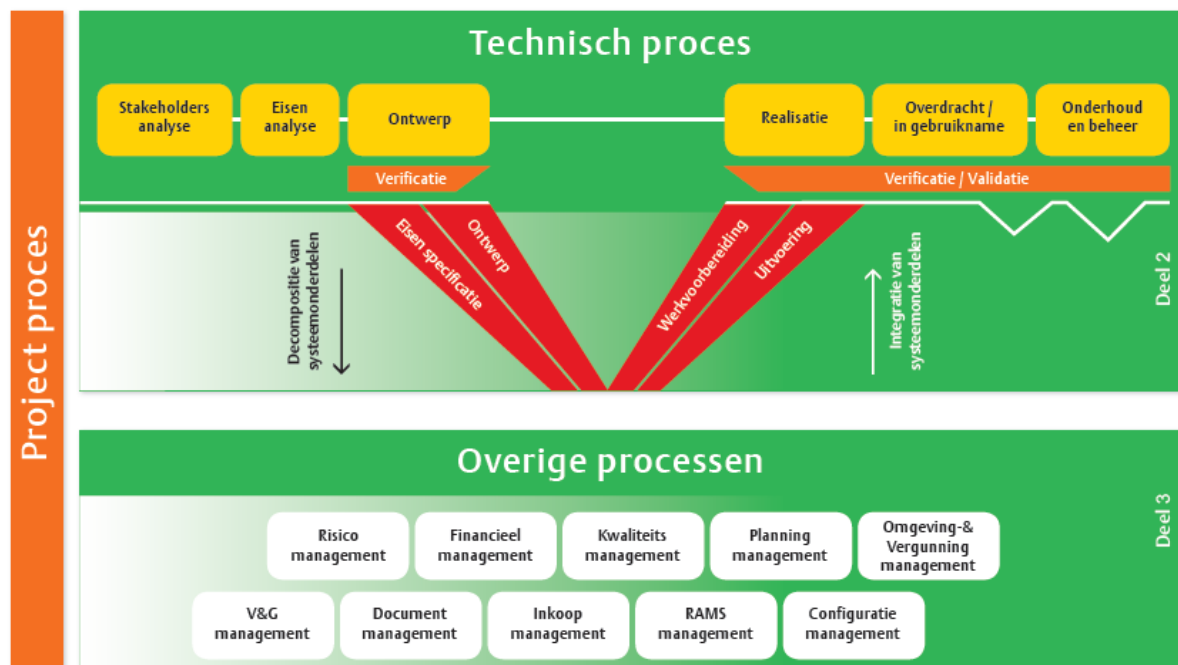
2. Integratie van SE in het technisch proces

Integratie nodig voor succes

De kern van de SE-wijzer is een goede integratie van SE in het technisch proces van een bouwonderneming. SE moet niet als stafactiviteit ergens aan de zijlijn worden ondergebracht, maar moet zich volledig ‘innestelen’ in de basisactiviteiten. Prof. dr. ir. Hennes de Ridder schrijft in zijn column in ‘Building Innovation’ van mei 2008 dat met Systems Engineering niet dezelfde fout gemaakt moet worden als destijds veelal met kwaliteitszorg het geval was, namelijk het als stafactiviteit beschouwen en aan de zijlijn van de primaire activiteiten zetten. Dat is precies de reden dat wij in de SE-wijzer het technisch proces als basis nemen om de activiteiten te beschrijven en te integreren.

We maken een onderscheid tussen het primaire proces en het technisch proces bij een bouwbedrijf:

- Het primaire proces van een bouwbedrijf bestaat uit het voeren van acquisitie, het sluiten van een contract, het realiseren van het gecontracteerde en het opleveren en leveren van nazorg.
- Het technisch proces omvat de activiteiten in relatie tot de levenscyclus van een bouwwerk, en sluit hiermee aan op SE wat zich ook richt op het beheersen van de levenscyclus van een systeem.



Opbouw technisch proces

In de SE-wijzer is de integratie van SE in het technisch proces bereikt door in iedere stap de consequenties van het toepassen van SE voor die activiteit te beschrijven. De stappen zijn in bovenstaande figuur in het geel aangegeven en sluiten aan bij het verloop van een levenscyclus van een systeem. Specifiek voor ontwerp en realisatie is door middel van de rode V-vorming figuur aangegeven dat sprake is van decompositie en integratie. In het ontwerpproces worden eisen gedeconponeerd en worden oplossingen steeds verder gedetailleerd, net zo lang totdat alle details tot op het benodigde niveau zijn uitgedacht. Het realisatieproces behelst vervolgens het maken van alle onderdelen en het *integreren* ervan tot één geheel.

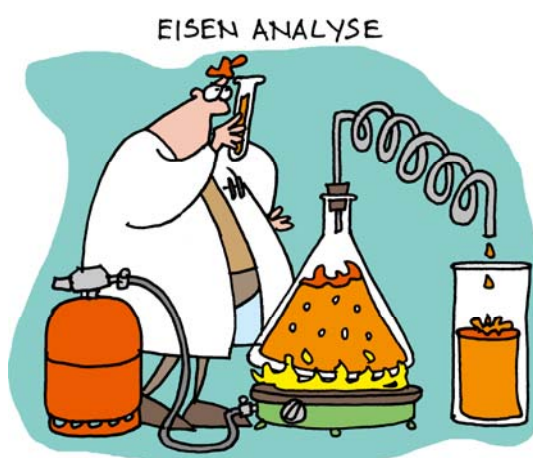
Daarnaast is in de figuur aangeduid dat tijdens ontwerpen, realiseren en daarna continu verificatie en / of validatie plaatsvindt, waarbij validatie zich voornamelijk afspeelt bij afsluiting van de realisatiefase.

3. Eenduidige toepassing van begrippen

Een belangrijk doel van de SE-wijzer is om voor een aantal kernbegrippen duidelijkheid en eenduidigheid te krijgen over de praktische betekenis ervan. Het is in ieder geval van belang om als bedrijf dezelfde taal te spreken, het zou nog mooier zijn om binnen de sector de soms aanwezige verwarring over betekenis van begrippen weg te nemen.

In deze bijdrage lichten we enkele begrippen eruit die de praktische en concrete invulling van het document en de aansluiting op het technisch proces ondersteunen.

Analyseren en afleiden van eisen met behulp van matrix



Het vroegtijdig analyseren van de eisen die de opdrachtgever stelt en een open communicatie daarover is van groot belang voor een succesvolle toepassing van SE. Wanneer niet duidelijk is wat precies gevraagd wordt, is het onmogelijk een goede oplossing te bedenken en aan te tonen dat voldaan wordt aan de eisen. Een grondige vroegtijdige analyse en zonodig herstructurering en herdefinitie van eisen verdient zichzelf terug, omdat eventuele inconsistenties en vaagheden snel duidelijk worden. Ook wordt duidelijk wanneer de opdrachtgever (ten onrechte) te veel beperkingen oplegt.

Een eis kan worden getypeerd naar detailniveau en naar soort. Het detailniveau geeft aan waar de eis zich bevindt tussen beleidsniveau (bijvoorbeeld geen lintvormige bedrijfsterreinen langs autosnelwegen) en een bouwstofniveau (bijv. treksterkte, breukrek, etc..). De typering naar soort kent de opties: functie-eis, aspecteis, objecteis, raakvlakeis en proceseis. Samen geven detailniveau en type informatie over de nog aanwezige ontwerpvrijheid of het ontbreken daarvan. Eisen aan een brug impliceren bijvoorbeeld al dat er sprake is van een object 'brug' en geen tunnel.

In de SE-wijzer is een matrix opgenomen als hulpmiddel bij het typeren van eisen naar soort en detailniveau.

| | Functie eis | Object eis | Aspect eis | Proces eis | Raakvlak eis |
|----------------------------|---------------|--|--|------------|--------------|
| Niveau 1 Beleidseis | | | | | |
| Niveau 2 Gebruikseis | | | | | |
| Niveau 3 Prestatieeis | | Algeleide eis | De veiligheid van motorrijders dient gewaarborgd te zijn | | |
| Niveau 4 Constructieeis | Algeleide eis | In bochten onderplanken plaatsen onderaan geleiderails | | | |
| Niveau 5 Materiaaleis | | De onderplank dient te worden uitgevoerd in hechtzame materiaal als de geleiderail | | | |
| Niveau 6 Bouwstofeis | | | | | |

Wanneer in het voorbeeld van de veiligheid van de motorrijders de eisen ten aanzien van geleiderail en onderplank niet gegeven waren, zou ook een barrier of wellicht nóg een andere oplossing tot de mogelijkheden behoren. In dit geval lijkt men gebonden aan een geleiderail met onderplank, tenzij bij navraag aan de opdrachtgever blijkt dat deze eis onbedoeld teveel van een gebruikelijke oplossing is uitgegaan.

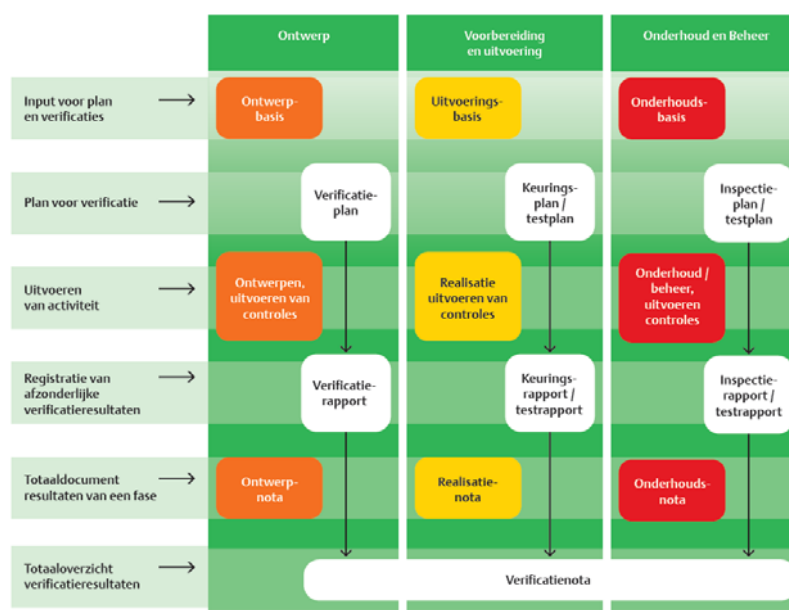
Eisen en onderliggende eisen

Uitgangspunt in de SE-wijzer is dat wanneer voor een eis onderliggende eisen zijn gegeven, hiermee de bovenliggende eis volledig is ‘afgedekt’. Dat wil zeggen: wanneer aan alle onderliggende eisen wordt voldaan, is daarmee automatisch de bovenliggende eis afgedekt en aangetoond. Dit uitgangspunt is van belang om te voorkomen dat bij uitwerking van de eisen in oplossingen een onbeheersbare discussie ontstaat over het al dan niet voldoen aan eisen. Mogelijk wil de opdrachtgever voor onderdelen in detaileisen stellen en voor de rest meer keuzevrijheid laten. Dit zou expliciet uit de eisenset moeten blijken, bijvoorbeeld door het vermelden of een eis al dan niet door de onderliggende eisen is afgedekt.

In het voorbeeld van de eis ten aanzien van het waarborgen de veiligheid van de motorrijder (zie matrix vorige pagina) is het de vraag of met (het voldoen aan) de eis aan de onderplank de veiligheid van de motorrijder is gewaarborgd of dat van de opdrachtnemer nog meer maatregelen verwacht worden.

Naamgeving documenten verificatie en validatie

In het traject van vraag van de klant, via ontwerp, realisatie, oplevering en eventueel onderhoud en beheer naar oplevering worden in het kader van verificatie en validatie plannen gemaakt, controles uitgevoerd en de resultaten daarvan vastgelegd. In de praktijk blijkt de nodige verwarring te bestaan over de positie van de verschillende documenten en plannen in dit proces. In onderstaand schema uit de SE-wijzer is aangegeven hoe de documenten met betrekking tot verificatie passen in de lijn van documenten die gedurende ontwerp en realisatie gemaakt en gebruikt worden. Hieruit blijkt dat bijvoorbeeld het keuringsplan dezelfde functie heeft als het verificatieplan in de ontwerpfase, namelijk het beschrijven van de controles waarmee kan worden aangetoond dat het resultaat van de werkzaamheden voldoet aan de eisen.



Werkpakketten niet primair voor betalingsregime

Vaak worden ‘werkpakketten’ gebruikt om betalingseenheden aan te duiden. Niet zelden zijn hier diverse restricties van toepassing met betrekking tot aantal werkpakketten en financiële omvang ervan.

Ons standpunt is dat werkpakketten primair dienen om het geheel aan werkzaamheden te kunnen beheersen: wie doet wat, wanneer en welke eisen zijn daarvoor relevant. Hiervoor is volledige vrijheid voor wat betreft het indelen van de WBS in werkpakketten noodzakelijk. De beheersing wordt ingevuld door werkzaamheden (werkpakketten dus) te relateren aan eisen, verantwoordelijken, objecten en een planning.

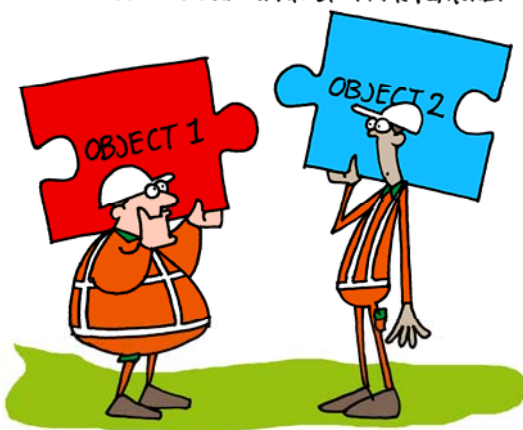
De SE-wijzer gaat uit van een WBS die naar eigen inzicht kan worden opgebouwd. De betalingsstructuur zal hiervan een afgeleide vormen.

Raakvlakken

Zeker voor infrastructuur geldt dat sprake is van enorm veel externe raakvlakken met de omgeving. Door verder specialisatie van allerlei technieken neemt ook het aantal interne raakvlakken toe. De beheersing van raakvlakken wordt in de SE-wijzer op de volgende wijze voorgesteld:

- Van raakvlakken is sprake als het gaat om raakvlakken met de omgeving van het systeem (externe raakvlakken) of wanneer het raakvlakken tussen objecten binnen het systeem betreft. Een praktisch manier om de hoeveelheid interne raakvlakken beheersbaar te houden is pas ‘formeel’ te spreken van een raakvlak als twee of meer disciplines (bijvoorbeeld Civiel en Wegen) betrokken zijn.

FAALKOSTEN ONSTAAN VAAK OP RAAKVLAKKEN



- Van ieder raakvlak wordt een raakvlak-controle formulier gemaakt waarop naast een omschrijving de afspraken staan vermeld, de betrokken disciplines en waarop de afhandeling wordt vastgelegd. Ieder raakvlak kent een eigenaar die verantwoordelijk is voor afstemming, afspraken en uitvoering daarvan.
- Afstemming en coördinatie van raakvlakken vindt plaats in het ontwerpcoördinatieoverleg en / of het realisatieoverleg.

4. Ondersteunende processen

In het derde deel van de SE-wijzer is beschreven op welke wijze SE wordt geïntegreerd in de activiteiten die zich afspelen ter ondersteuning van het primaire en technisch proces, kortweg de ondersteunende processen. Het gaat hier om activiteiten als risicomanagement, RAMS-management, V&G-management, kwaliteitsmanagement, configuratiemanagement, planningsmanagement, inkoopmanagement etc. Deze activiteiten hebben gemeen dat hiervoor doorgaans specialisten worden ingeschakeld. De SE-wijzer concentreert zich op de integratie van SE in deze activiteiten, niet op de activiteiten zelf.

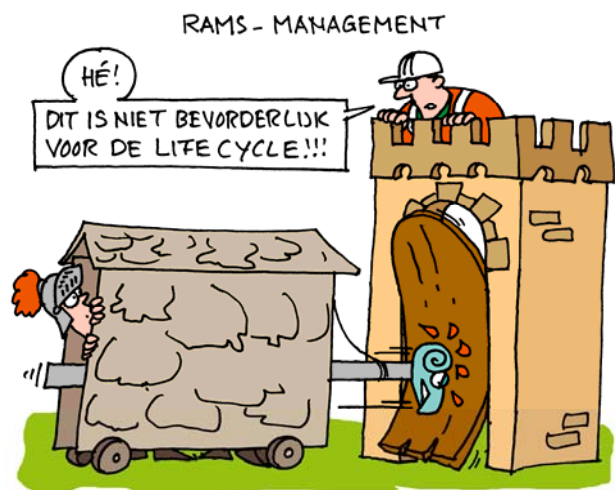
Risicomanagement

Het doel van SE is om systematisch het gehele proces van idee, via ontwerp tot realisatie en gebruik te doorlopen en vast te leggen, zodat de optimale oplossing op een efficiënte wijze tot stand komt. Risicomanagement is daarbij een onmisbaar instrument.

- Risico's vormen een belangrijke bron voor trade-off matrices die dienen om ontwerpkeuzen te kunnen maken en vastleggen;
- Beheersmaatregelen als gevolg van risico's worden als nieuwe eisen behandeld (en opgenomen in de eisendatabase indien beschikbaar);
- In het risicodossier ligt de historie en herkomst van risico's vast. Voor de opvolging van maatregelen worden koppelingen gelegd met de organisatieboom (OBS), objectenboom (SBS), activiteitenboom (WBS) en eisenboom (RBS);

RAMS management

In tegenstelling tot 'risicomanagement' richt RAMS management zich niet uitsluitend op het oprichten van het bouwwerk, maar juist op de instandhouding gedurende de gebruiksperiode tot en met de uiteindelijke sloop of functieverandering. Om deze aspecten mee te nemen in ontwerpafwegingen worden RAMS-analyses toegepast. Deze RAMS-analyses vormen een bron voor trade-off matrices waarmee ontwerpafwegingen worden gemaakt en vastgelegd.



Opgemerkt dient nog te worden dat RAMS-eisen (eisen die geformuleerd worden naar aanleiding van een RAMS analyse) doorgaans 'onderhandelbaar' zijn, dat wil zeggen dat de primaire functie van een systeem niet wordt aangetast als niet volledig aan een dergelijke eis voldaan wordt (iets lagere betrouwbaarheid, iets minder goede onderhoudbaarheid)

Omgevingsmanagement

Een systeem kan niet functioneren zonder de omgeving. Dat geldt zeker voor infrastructuur waar de relatie met de omgeving nauw en veelzijdig is. Voor het technisch proces is het dus van belang de invloed van de omgeving op het systeem te kennen en daarop te anticiperen. Het verdient aanbeveling om in een vroeg stadium een contextanalyse uit te voeren, waarin de relaties met omgeving (fysiek als belanghebbenden) worden onderkend met een aanduiding van wederzijdse belangen. De informatie uit de contextanalyse levert eisen en raakvlakken op, die net als de overige eisen, in het technisch proces moeten worden beheerst.

Kwaliteitsmanagement

Er is sprake van een grote samenhang tussen de begrippen ‘kwaliteitsmanagement’ en ‘systems engineering’.

Essentieel element van SE is verificatie en validatie, dus het zeker stellen dat voldaan is aan de oorspronkelijke en / of afgeleide eisen door in de verschillende projectfasen aan te tonen dat aan deze eisen is voldaan. Hiermee bestaat overlap met de norm voor kwaliteitsmanagement (ISO 9001) waarin verificatie en validatie eveneens expliciet aan de orde komen.

5. Aanbevelingen / conclusies

In deze bijdrage is een aantal elementen uit de SE-wijzer behandeld die kenmerkend en noodzakelijk zijn voor een goede en succesvolle toepassing van SE in (infra)bouwprojecten. De SE-wijzer zelf geeft meer praktische tips en hulpmiddelen ter ondersteuning van alle medewerkers die er mee werken. Op basis van de SE-wijzer wordt een cursus ontwikkeld alsmede een intranetsite waarop actuele hulpmiddelen zijn te vinden en ervaringen kunnen worden uitgewisseld. Praktijkervaringen en ontwikkelingen in de sector zullen binnen afzienbare tijd leiden tot inhoudelijke aanpassingen of aanscherpingen.

Voor een succesvolle toepassing van Systems Engineering in bouwprojecten zijn de volgende aandachtspunten van belang:

- De werkwijze Systems Engineering dient zoveel mogelijk te zijn geïntegreerd in het technisch proces, waaronder het ontwerp- en realisatieproces. Dat houdt in dat het toepassen van SE niet de verantwoordelijkheid is van een stafafdeling, maar dat alle medewerkers die zich bezighouden met ontwerp en realisatie SE moeten toepassen. De werkwijze moet echt in het basisproces zijn geïntegreerd. Overigens kan de ontwikkeling en coördinatie van alles wat met SE te maken heeft wel worden ondergebracht in een stafafdeling.
- Een grondige analyse van de eisen van de klant / opdrachtgever is van belang om niet in een later stadium allerlei onbeheersbare discussies te krijgen over het al dan niet voldoen aan verwachtingen, waarvan men dacht dat deze door eisen waren beschreven. Over het resultaat van deze analyse moet open gecommuniceerd worden tussen opdrachtgever en opdrachtnemer en partijen moeten bereid zijn een toelichting te geven of elementen aan te passen als zaken niet duidelijk of fout blijken te zijn.
- Het is zaak om zo vroeg mogelijk te beginnen met SE. Voor opdrachtnemers betekent dit vaak het moment dat in een Aanbestedingstraject de uitvraag van de Opdrachtgever wordt ontvangen. Juist de aanbestedingsfase biedt nog voldoende mogelijkheden om – op basis van een goede eisenanalyse – onduidelijkheden en onjuistheden aan de orde te stellen. Daarnaast worden in deze fase ook al belangrijke ontwerpafwegingen gemaakt, met nieuwe (afgeleide) eisen tot gevolg.
- Om SE werkbaar te houden is het uitgangspunt dat eisen worden afgeleid tot het niveau waarop bekende producten voldoende zijn gedefinieerd of toegevoegde waarde hebben.
- SE brengt met zich mee dat veel informatie die tot nu toe vaak impliciet beschikbaar was, nu expliciet wordt vastgelegd. Er ontstaat hiermee een complexe structuur van allerlei stukken informatie met vele onderlinge relaties. Een goed geautomatiseerd systeem is hierbij onmisbaar. Zonder een specifiek systeem voor te schrijven is aandacht nodig voor de onderlinge uitwisselbaarheid van informatie tussen de systemen die nu op de markt zijn, zodat Opdrachtgevers en Opdrachtnemers informatie op een gestructureerde manier kunnen uitwisselen. Een vraagspecificatie zou beter als database verstrekt kunnen worden dan als ‘platte’ word-file.

Cartoons: Auke Herrema (© www.aukeherrema.nl)