



Afdeling RisicoBeheer & Techniek

Symposium Contractvormen en Systeemarchitectuur In de Serie International Contracting Werksymposium International Contracting 2 20 september 2019

Syllabus Systeemarchitectuur en Systeembeheer in International contracting ¹

Mr. Ing. John van der Puil, NRI ²

De afdeling RisicoBeheer en Techniek (RBT) van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs (KIVI) bestudeert en analyseert opvallende gebeurtenissen en beproeft wegen om technische risico's beter te beheersen. RBT wil bijdragen aan een verstandige toepassing van risicomanagement. Niets is zonder risico's, maar er zijn altijd beheersmaatregelen te verbeteren en risico's te verminderen.

RBT bestudeert incidenten en probeert inzicht te verkrijgen en te delen hoe Blinde Vlekken tijdig te ontdekken.

In de technologie blijft het tijdig identificeren van Blinde Vlekken een zwak punt. ³

In deze syllabus aandacht voor systeemfouten die onopgemerkt bleven. Wat kunnen we er aan doen om te voorkomen dat die zich manifesteren?

¹ . Ik dank Marion van Dam voor haar kritisch opbouwende opmerkingen bij de ontwerpversie van deze Syllabus, JP.

² . Auteursrecht John van der Puil ©

³ . Prof. Dr. Ir. Hans J. Pasman, Presentatie Risicobeheersing taak van het management, KIVI-RBT Werksymposium International Contracting, Den Haag, 8 juli 2019; Ana I. Irimia-Diéguez c.s., Risk Management in Megaprojects, ScienceDirect, 27th IPMA World Congress, www.sciencedirect.com/.

INHOUD

1	Inleiding	2
2	Definitie van systeem	3
3	Wat is systeemarchitectuur?	4
4	Systeembeheer en systeemmanagement	5
5	Praktische toepassingen	6
6	Eenmalige versus meermalen toegepaste systemen	8
7	Systeemfouten in de praktijk	9
8	Ontwrichtende systeemfouten	16
9	Conclusies, samenvatting en slot	24
10	Bronnen	25

1. Inleiding

Doelmatige systeemarchitectuur met vervolgens een goed systeembeheer dragen bij aan de beheersing van risico's in de techniek. Die methoden bestaan al decennia en zijn theoretisch en praktisch tot wasdom gekomen. Iedere risicomanager kent ze. Toch gaat het in de praktijk zo vaak mis.

Systeemarchitectuur is een van de technieken tot het verminderen van effecten van onzekerheden. In de context van international contracting zijn systeemarchitectuur en systeembeheer van belang. Dat wil niet zeggen dat dergelijke managementtechnieken bij zuiver nationale projecten niet belangrijk zouden zijn. Maar in internationale context zijn de voorbeelden sprekend. Wat kunnen wij als ingenieurs daarbij betekenen? Waarop moet de technicus zich richten? Wat kunnen wij als ingenieurs aanvullend aan onze huidige expertise aandragen om die bijzondere risico's te verminderen en uiteindelijk optimaal te beheersen?

Het onderwerp van deze syllabus is interessant voor alle technische disciplines. Alle afdelingen van KIVI moeten zich kunnen herkennen. Dat leidt er toe dat bij de beschrijvingen een betrekkelijk hoog abstractieniveau wordt aangehouden, dat van toepassing kan zijn op alle vormen van ontwerp, engineering en technisch beheer. Abstractie is het weglaten van alle niet essentiële informatie of aspecten om meer fundamentele structuren zichtbaar te maken. Echter, waar de theorie werd gevormd

door incidenten die zich in de praktijk manifesteerden zijn de aangehaalde voorbeelden wel steeds aan bepaalde disciplines toe te wijzen.

2. Definitie van systeem

Een systeem, als onderwerp van de systeemtheorie, wordt gezien als een geheel van elementen die elkaar wederzijds beïnvloeden en die een geïntegreerd geheel vormen. Het systeem zorgt voor de relatie tussen het input- en output signaal. Een signaal is een functie $x(t)$ die een bepaald fenomeen beschrijft ⁴

Een systeem is in de wetenschap datgene waarop de aandacht van een wetenschapper zich richt. Het gaat in het algemeen om iets dat uit componenten of elementen bestaat, en door de relaties tussen de elementen enige mate van samenhang, ordening en complexiteit heeft. ⁵

In de techniek kunnen wij op meerdere niveaus van abstractie vele systemen benoemen. We kennen in Nederland een veel omvattende systeem van verdediging tegen de zee. Een afzonderlijke zeedijk, de duinen of de zandmotor, gemalen, gebouwen zijn afzonderlijke elementen in het alomvattende systeem. Op zichzelf vormen deze elementen ook systemen. Andere stoffelijke systemen zijn door de natuur gevormde systemen als atomen, moleculen, planeten, sterren, zonnestelsels. Levende systemen zijn cellen, planten, dieren, de mens. Sociale systemen zijn mensengroepen, stammen, steden, rijken, volkeren, een vereniging, het personeel van een instituut of een onderneming. ⁶

Ieder systeem is een samenstel van op elkaar afgestemde, maar overigens zelfstandige delen, die elk een functie hebben in het bereiken van een gemeenschappelijk doel. ⁷

Een managementsysteem kan worden gedefinieerd als het raamwerk dat bestaat uit beleid, processen, functies, standaarden, richtlijnen en instrumenten om te garanderen dat een organisatie of een deel ervan zijn doelen kan realiseren. ⁸ Deze term wordt ook gebruikt met een kleinere reikwijdte om een specifiek proces of activiteit te ondersteunen, zoals een ontwerpsysteem, een kwaliteitsborgingsysteem, een risicobeheersysteem, een beveiligingssysteem.

3. Wat is systeemarchitectuur

In het Nederlands wordt de term systeemarchitectuur vooral gebruikt in de IT. De meeste in omloop zijnde definities zijn dan ook terug te voeren tot de IT. Wij willen

⁴ . [http://nl.wikipedia.org/wiki/Systeem_\(systeemtheorie\)](http://nl.wikipedia.org/wiki/Systeem_(systeemtheorie))

⁵ . [http://nl.wikipedia.org/wiki/Systeem_\(wetenschap\)](http://nl.wikipedia.org/wiki/Systeem_(wetenschap))

⁶ . <http://psy.cc/psy/wiki/pmwiki.php?n=Begrippen.Systeem>

⁷ . <https://labyrinth.rienkjonker.nl/lexicon/terminologie>.

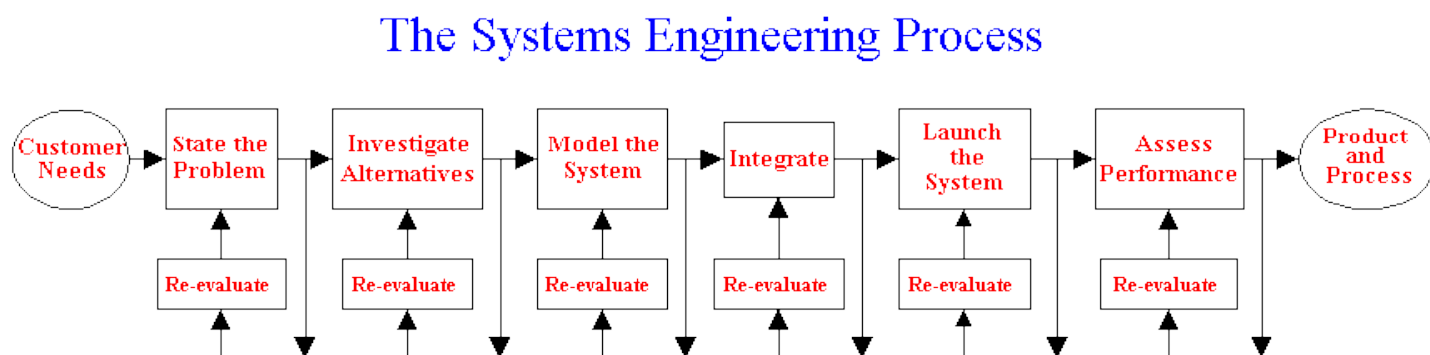
⁸ . <http://exin.vanharen.net/Player/eKnowledge/itildutchglossary.pdf>

het echter ook in andere technische disciplines toepassen, waarbij we bijzondere aandacht besteden aan risicobeheer en risicomanagement.

Voor het woord architectuur vonden we op Encylco.nl 17 definities. Het klassieke gebruik is voorbehouden aan bouw en bouwkunst in de betekenis van bouwstijl of bouwtrant van steden, wijken, gebouwen, landschappen, tuinen, meubelen. .

Maar architectuur is ruimer dan dat. We nemen daarvan in deze syllabus uitsluitend die begrippen welke we nodig hebben voor risicobeheer. Architectuur wordt ook gevormd door een model dat de structuur van een object / functie / systeem weergeeft.⁹

Systeemarchitectuur is daarmee de fundamentele organisatie van een systeem, welke wordt benadrukt door zijn componenten, de relaties onderling, met de omgeving en de principes die richting geven aan het ontwerp en de verdere ontwikkeling.¹⁰ De ontwerper van een dergelijk systeem noemen we de systeemarchitect. Zoals bij alle ontwerpactiviteiten kunnen diverse fasen worden onderscheiden, uitgaande van de systeemdoelstellingen. Daarop volgt het afwegen van alternatieve oplossingen, een voorontwerp, een integratie van voorgaande activiteiten, het proefbedrijf en de beoordeling van de prestaties. In alle fasen vindt terugkoppeling met een vorige fase plaats.



Figuur 1. Het ontwerpproces van een systeem in afzonderlijke stappen. In dit schema is uitgegaan van de behoeften van een klant – zie linker ovaal. Daarvoor in de plaats kan men doel van het systeem zetten.

4. Systeembeheer en systeemmanagement

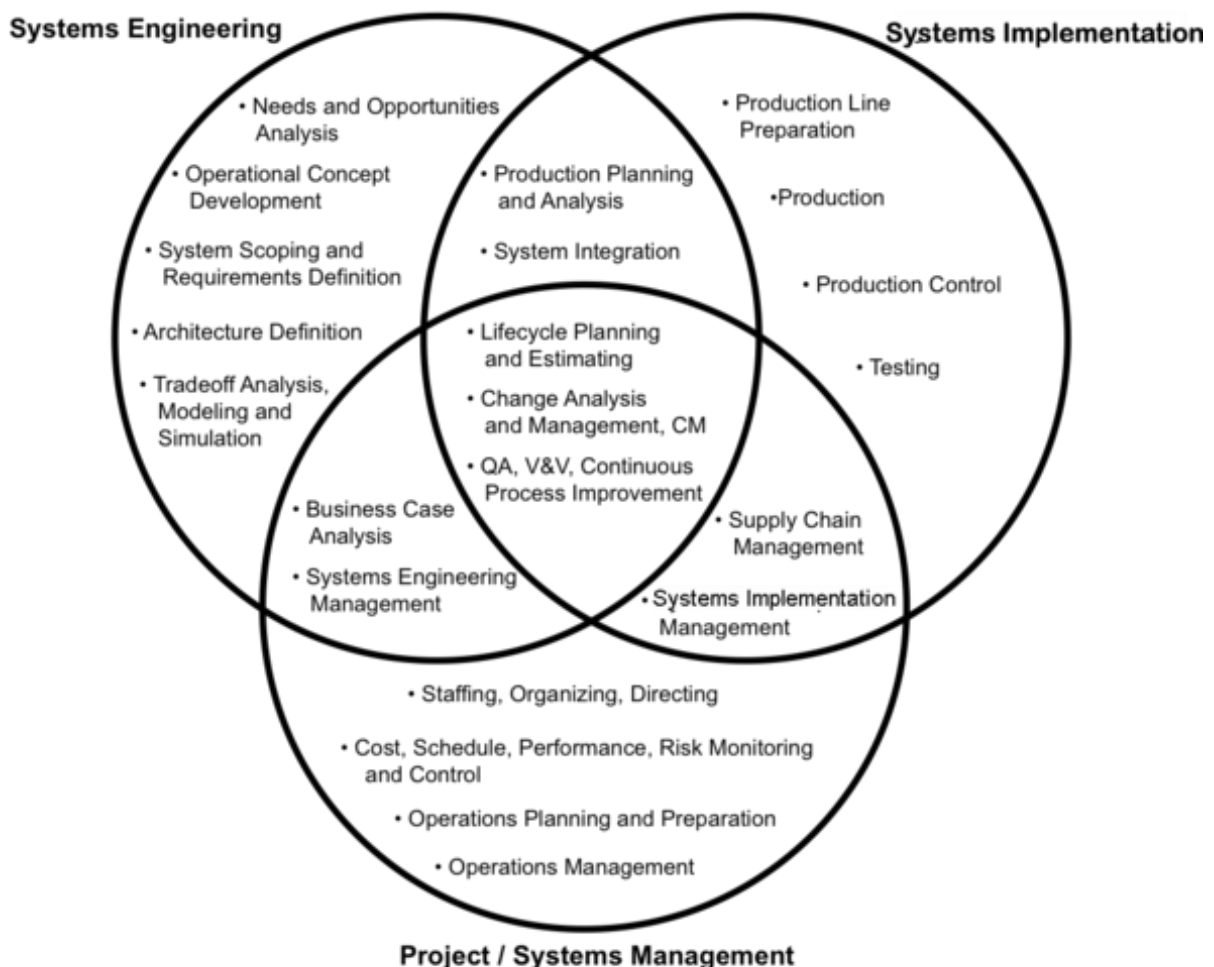
Systeembeheer is het fysiek en digitaal administreren van de functies van de afzonderlijke elementen en hun onderlinge relaties, van alle activiteiten,

⁹ . <https://labyrinth.rienkjonker.nl/lexicon/terminologie>

¹⁰ . Vertaling uit [IEEE1471]. (<http://www.digital-architecture.net>; <http://www.encyclo.nl/lokaal/10593>)

gebeurtenissen en wijzigingen in een systeem en de daaruit voortvloeiende verplichtingen van belanghebbenden en het vastleggen van communicaties, besprekingen, planningen en dergelijke, zodat op elk moment in de levenscyclus, de status van het systeem beschikbaar is.

Systeemmanagement is het leiden, besturen, beheren, bewaken, faciliteren en tijdig doen realiseren van alle afspraken met partijen die duidelijk, transparant en controleerbaar worden opgenomen in het systeem zodat actief en cyclisch kan worden gestuurd door deze eenduidig te bewaken, zowel intern als extern, desgewenst het systeem doen aanpassen aan veranderende omstandigheden teneinde de systeemdoelstellingen optimaal te realiseren.



Figuur 2. Overlappende activiteiten die bij projectmanagement in het algemeen, systeemontwerp en de ingebruikname van systemen aan de orde komen.

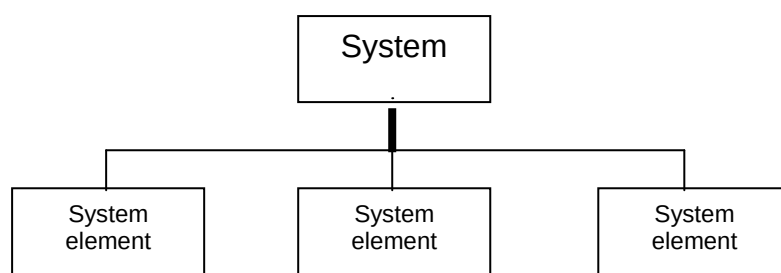
Bij het ontwerpen en de realisatie van projecten wordt het woord systeem als begrip niet vaak gebruikt. Toch is het wel zinvol dat te doen. Dan komen naast de

elementen die bij projectmanagement altijd aan de orde komen ook vragen beantwoord als doel van het systeem, de ontwikkeling van het concept, de beschrijving van het systeem en de gewenste effecten van het systeem aan de orde. Bij de overgang van een project van oplevering naar onderhoudsfase komt het nogal eens voor dat het onderhoudssysteem nog niet gereed is, dan wel dat het nog gebrekkig in elkaar zit. Een vooraf ontworpen, volwassen onderhoudssysteem zou dat hebben kunnen voorkomen.

5. Praktische toepassingen

De Internationale norm ISO-IEC-norm 15288 betreft system engineering.¹¹ De norm kan goed worden toegepast op complexe projecten, zoals bij de Tweede Maasvlakte door PUMA, een combinatie van twee grote infrastructurele ondernemingen, Boskalis en Jan de Nul en op de A15 ten zuiden van Rotterdam, die werd verbreed door de combinatie van Ballast Nedam en het Duitse bedrijf Strabag. Door toepassing van de norm ziet de gebruiker de samenhang tussen elementen. De bedoeling is dat de communicatie tussen gegadigden, leveranciers, dienstverleners en andere belanghebbenden tijdens de levensloop van een project helder wordt. De projectmanager en de contractmanager van PUMA en de combinatie A15 hadden behoefte aan het schetsen van deze ketens van elementen. Het geeft inzicht in de vaak gecompliceerde structuren van onderaannemers en dienstverleners, die op hun beurt ook weer afhankelijk zijn van toeleveranciers en dienstverleners.

De norm is vrij abstract. Hij is niet geschreven voor uitsluitend infrastructurele projecten, maar kan overal in technische disciplines worden toegepast. Hij beschrijft de processen die in hun totaliteit tijdens de levensloop van een project spelen.

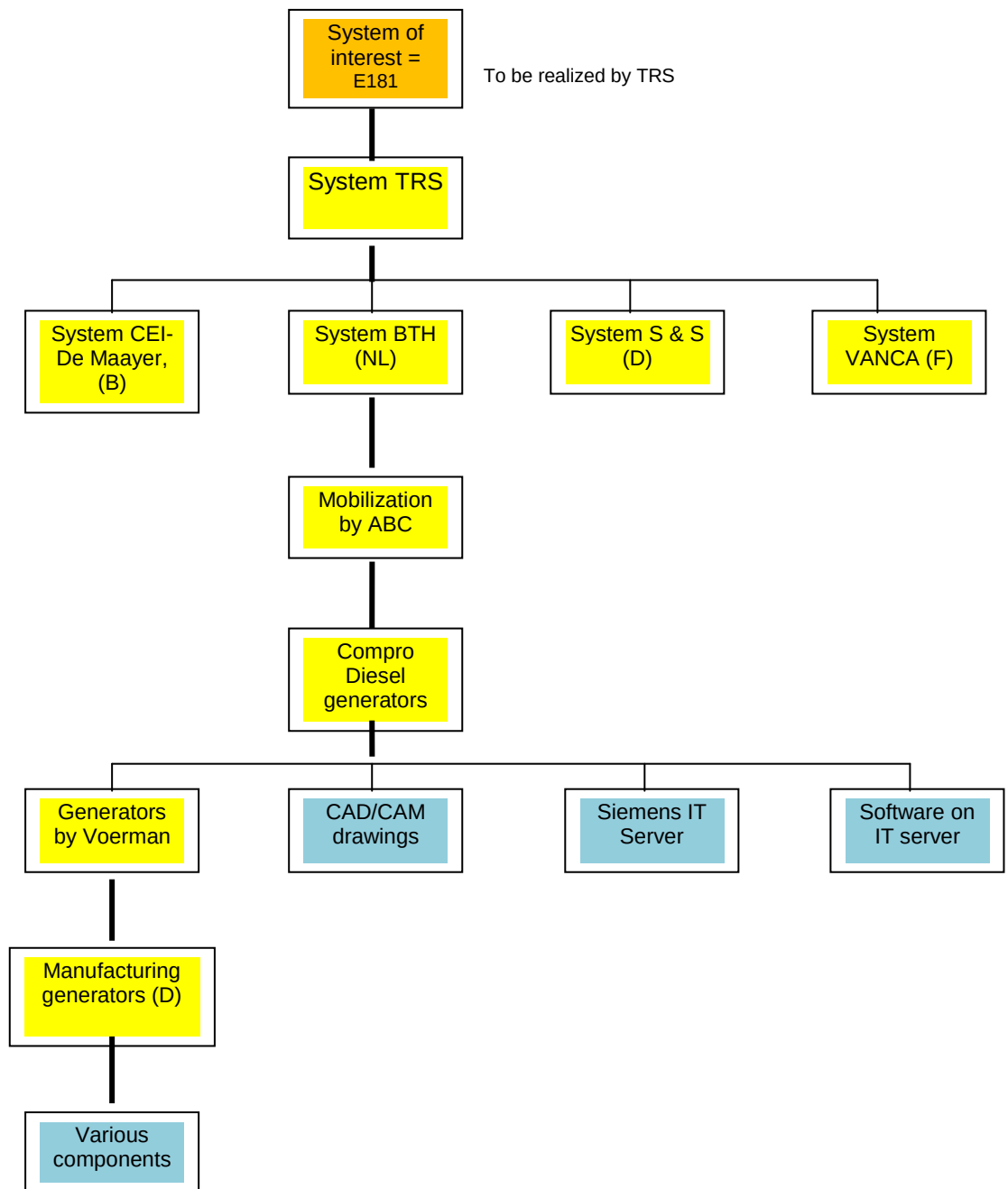


Figuur 3: Relatie tussen systeem en systeemelementen. Een systeem bestaat uit een set van systemen die op elkaar inwerken.

In de norm wordt de systeemlevensloop beschreven als een systeem, dat wordt gevormd door elkaar beïnvloedende elementen, waarvan ieder zijn eigen doelstellingen en eisen kent. De verantwoordelijkheden van afzonderlijke activiteiten

¹¹ . Norm NEN-ISO-IEC 15288, paragraaf 5.1.3. system structure.

van elk van de elementen kunnen worden gedelegeerd aan een andere partij door middel van contracten. Zie figuren 3 en 4.



Figuur 4: De aanbouw en oplevering E181 vormen een systeem. Het is het hoogste niveau van verscheidene systemen, die allemaal nodig zijn om het uiteindelijke doel te realiseren. Onderaan in het schema houdt het op met “various components”. Ook deze werden eens aangekocht of gefabriceerd door derden. Dus ook lager in de keten zijn er weer elementen. Ketens zijn zeer lang.

Meer complexe projecten leveren meer ingewikkelde structuren op. In de case E181 From Arjon to Gye worden lange tritsen van ketens onderscheiden. Gewoonlijk zijn in

dergelijke veel omvattende projecten tegelijkertijd enkele honderden overeenkomsten van kracht. Die lijden tot het inschakelen van nieuwe elementen. Bij de case draait het om de realisatie van een belangrijke infrastructurele verbinding. Die zal worden gebouwd door de alliantie TRS, die bestaat uit het samengaan van 4 ondernemingen, de Belgische CEI-De Maayer, de Nederlandse onderneming Bovenholt-ten-Dam, het Duitse S & S en de Franse onderneming VANCA. BTH heeft de mobilisatie uitbesteed aan de onderaannemer ABC BV, die daartoe twee dieselgeneratoren heeft besteld bij Compro Diesel. Deze laatste bouwt de fundaties en de beplating en is daarnaast vooral assemblagebedrijf, koopt de generatoren bij Voerman, die componenten inkoopt bij diverse toeleveranciers. Daarnaast heeft Compro Diesel CAD/CAM tekeningen gemaakt, heeft een Siemens IT server in operationele lease, waarop bijzondere software is aangebracht. In de case gaat ABC failliet. Interactie van enkele elementen is uit het schema goed zichtbaar op het niveau van Compro, dat voor vruchtbare interactie van de systemen CAD/CAM, server en software moet zorgen. Voorheen had niemand dergelijke elementen als delen van een groter systeem opgevat. Echter door het faillissement wordt plotseling duidelijk hoe het systeem nu echt in elkaar zit. Siemens is in het faillissement separatist, eist en krijgt zijn server terug. De data op de server gaan verloren in het gedoe. ABC had 30 % van de opdrachtsom als vooruitbetaling aan ABC overgemaakt. De digitale boekhouding van Compro is echter op de server verloren gegaan. ABC zal eerst moeten aantonen dat dit bedrag is aangekomen bij Compro voordat het als concurrente vordering door de curator in de boedelboekhouding zal worden opgenomen.

De systeemtheorie leert dat de verantwoordelijkheid van een hoger gelegen element zich uitstrekt over de prestaties van de keten van lager gelegen elementen. BTH zal dus opdraaien voor de schade die zal ontstaan doordat ABC niet tijdig gereed zal zijn met haar mobilisatie. In de case is een vooruitbetaling door de Europese Commissie aan TRS afhankelijk van de voltooiing van de mobilisatie van het gehele project. Binnen TRS was afgesproken dat BTH als eerst zou mobiliseren en daarmee de vooruitbetaling mogelijk te maken. Nu dat niet lukte geeft dat verwijtende discussies binnen de alliantie TRS.

Schetsen van het systeem van een complex project maakt het mogelijk dat op niveau TRS steeds - wanneer een van de honderden onderaannemers, leveranciers en dienstverleners in gebreke is - kan worden gezien welke andere elementen daardoor kunnen worden geraakt en waar elders eventueel kan worden ingegrepen. Dat helpt bij het maken van de voortgang die in het project is vereist om de diverse mijlpalen te halen.

6. Eenmalige versus meermalen toegepaste systemen

Het heeft zin om bij de oplevering van het werk een cesuur te maken. Het bouwen van de E181 is een eenmalige zaak. Na de oplevering komt de fase van het onderhoud en de exploitatie. Tussen deze fasen ligt de periode van garantie. Bij D&B contracten noemt men dat ook wel de onderhoudsperiode, maar dat is bij DBFMO niet een passende term. Het onderhoud aan de E181 duurt tientallen jaren tot het definitieve eind van het contract. Bij DBFMO kent men vaak wel een garantieperiode.

Daarbij worden de functionele eisen als uitgangspunt genomen. De opdrachtnemer krijgt dan de gelegenheid eventuele non-conformiteiten te herstellen.

Het is zinvol om bij de start van de onderhouds-exploitatieperiode een nieuw systeem te schetsen, specifiek voor deze nieuwe fase. Een onderhoudsprocedure doorloopt vele stadia. Er zijn veel verschillende soorten onderhoud: preventief onderhoud, toestandafhankelijk onderhoud, correctief onderhoud, periodiek onderhoud. Na een aantal jaren zal een grondige inspectie plaats hebben, waarna meer ingrijpende acties nodig kunnen zijn. Dat kan allemaal met het systeem dat eenmalig voor onderhouds- exploitatiewerk opgezet en dat meerdere malen kan worden gebruikt. Ook kan er behoefte bestaan aan wijzigingen in het ontwerp van de E181, bouw van een extra wegrestart, een fly over met een provinciale weg, een kruising met een waterweg, verbreding van de weg, wijziging van IT programma voor treintje rijden. Dergelijke werkzaamheden zijn geschikt om daarvoor een apart systeem te schetsen.

7. Systeemfouten in de praktijk

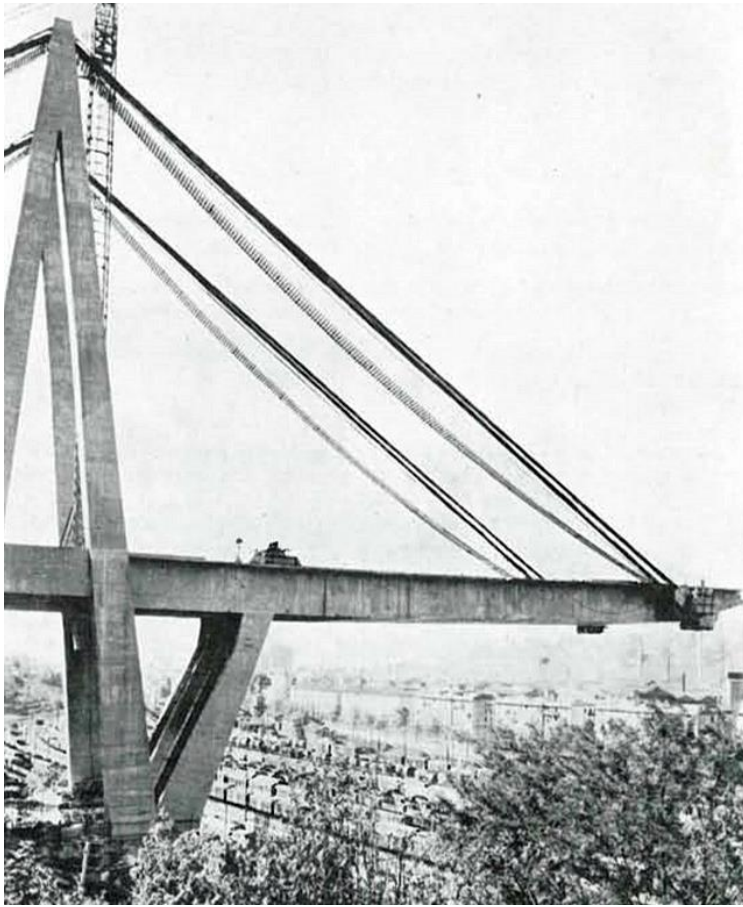
De Morandibrug - systeemfout

Bij de Morandibrug in Italië moet een onderhoudssysteem hebben bestaan. Het onderhoud moet zijn gestart direct na de oplevering. Opmerkelijk is dat het rapport van de Universiteit van Milaan uit 1997 trots melding maakt dat het voor het eerst mogelijk is de corrosie in de staalkabels te meten, terwijl dat voorheen niet mogelijk was. Hasenjaeger meldt dat het bij dit ontwerp onmogelijk was de spanningen in de binnen- en buitenkabels van de kabelstrengen regelmatig te meten - de buitenkabels stonden onder voorspanning om de binnenkabels te ontlasten bij wijzigingen in verkeersstromen - terwijl die spanningen invloed hebben op de corrosie van de kabels. Zie figuren 5 en 6.

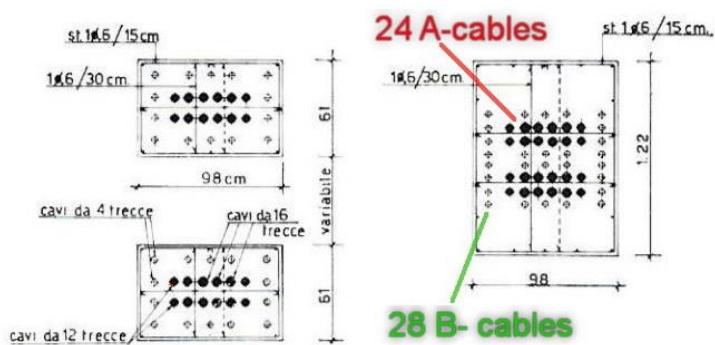
Uit de door Morandi achter gelaten aantekeningen, schetsen, tekeningen en analytische reconstructies van wetenschappers komt het sterke vermoeden naar voren dat Morandi geweten moet hebben dat de staalkabels na inpakken in betonnen dozen niet meer te inspecteren zouden zijn. Zie figuur 7. Dat betekent dat een van de essentiële elementen om de toestand van de brug te beoordelen niet heeft gewerkt. Dat kun je een ontwerpfout noemen, je kunt het ook kwalificeren als een systeemfout, die bij de toenmalige stand van de technologie nog niet te omzeilen was. Een theorie luidt dat Morandi de kabels deugdelijk dik heeft ingepakt in de verwachting dat die het dan nog wel een paar decennia zouden uithouden.

Dat maakt het onderhoud lastig. Als we het onderhoud als een systeem zien dan zijn daarvoor diverse subsystemen onontbeerlijk. Als een van die subsystemen niet functioneert, kan deze ook niet inwerken op het functioneren van de andere elementen. In het geval van het dramatische incident van de Morandibrug zou dit wel een doodgewone systeemfout geweest kunnen zijn, die gedurende de levensduur van de brug niet werd hersteld door het updaten van het ontwerp en de uitvoering.¹²

¹² . Kristian Hasenjaeger, Understanding Morandi Part 1, The Morandi Bridge, last update August 30, 2018.

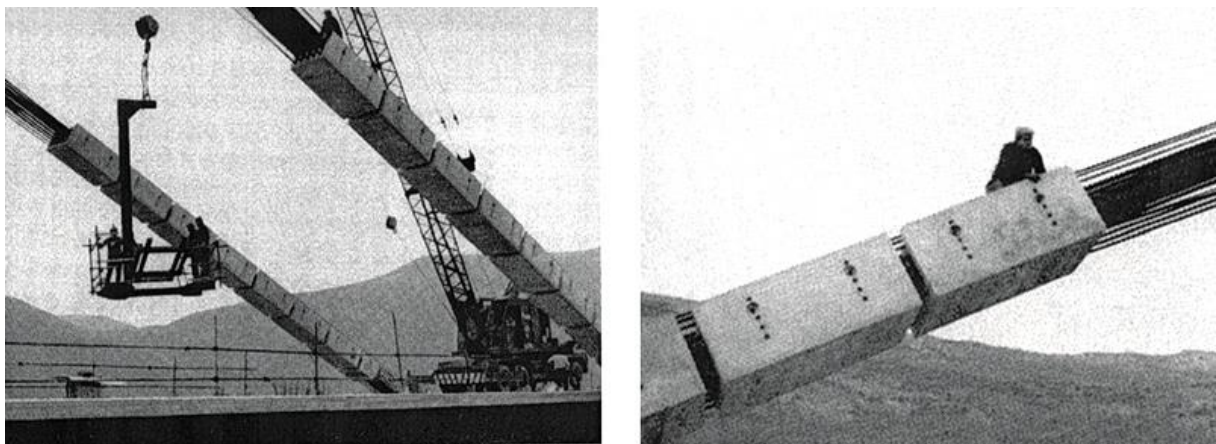


Figuur 5. De Morandibrug in aanbouw. Strakke 24 A-kabels dragen het brugdek. 28 B-kabels moeten worden aangespannen om de voorspanning te realiseren. Vervolgens zal het geheel in beton worden gebundeld. Foto 1968.



Figuur 6. Doorsnede van het kabelarrangement bij de Morandibrug. 24 A-kabels met aan weerszijden totaal 28 B-kabels onder voorspanning.

We komen dan tot een definitie van een systeemfout. Een systeemfout kan als een normaal Basisrisico, een Witte Vlek of een Blinde Vlek worden geclassificeerd.¹³ Een systeemfout is ofwel het ontbreken van een onmisbaar element, dan wel een gebrek in het functioneren van een element in een systeem waardoor dat element niet kan bijdragen aan het goed functioneren van het gehele systeem. Dat kan als oorzaak hebben dat een element niet in staat is de door andere elementen geleverde input te lezen en te verwerken, het is ook mogelijk dat een element niet in staat is de ontvangen data te verwerken en om te zetten in output die voor een of meer andere elementen nodig is. Gaat het dan om elementen die van wezenlijk belang zijn voor het functioneren van een brug, zoals de toestand van zijn dragende delen dan kan de onbekendheid met de effecten van een dergelijke onzekerheid fataal zijn voor het functioneren van het geheel. Dat is wat er in Genua gebeurde.



Figuur 7. Het aanbrengen van de doosvormige betonnen elementen, waarin beton zal worden gestort. Daarna worden de B-kabels op voorspanning gebracht. Foto 1968.

The Silver Bridge Collapse

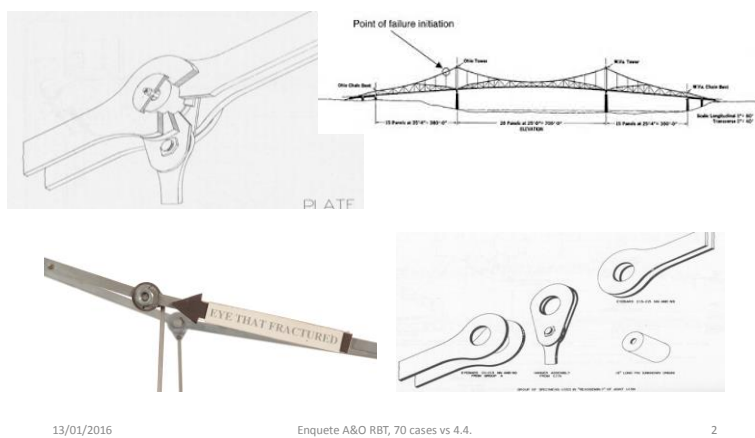
De Silver Bridge werd opgeleverd in 1928. Als hangbrug was de constructie uniek. In plaats van hangkabels waren trekstangen ontworpen, ieder met een oog aan het eind, terwijl het gewicht van de brug werd gedragen door verticale stangen, die eveneens voorzien waren van een oog. Zie figuur 8. Op 15 december 1967 stortte de brug in na bijna 40 jaar dienst. Een van de oogstaven vertoonde een klein scheurtje, waarbij ter plaatse corrosie was ontstaan. Toen de trekstaaf het begaf moest het hele ophangstelsel falen. Het zou onmogelijk zijn geweest het scheurtje en de gevormde corrosie visueel te ontdekken zonder de trekstaven te demonteren. Er bestonden destijds ook nog geen technieken om het gebrek langs non-destructieve weg te ontdekken.¹⁴

¹³ . Voor de begrippen Basis Risico, Witte Vlek en Blinde Vlek zie John van der Puil, Syllabus Bijzondere Risico's van International Contracting, vs. 4.0. – 27 juni 2019, Bijlage 1, pag. 30.

¹⁴ . Bron: Heather Salasky, Pennsylvania state University, Fall 2013, hzs124@psu.edu

Dit is een typische systeemfout. De ontwerper heeft een gebrek in het onderhoudsconcept laten zitten. Het ontwerp is ingenieus omdat het kwetsbare en corrosiegevoelige stalen kabels vervangt door een systeem van trekstangen. Echter, de toestand van de kwetsbare knooppunten kon met de toenmalige stand van de techniek niet worden beoordeeld. Daarmee werd een element van het onderhoudssysteem onwerkbaar. Het was niet in staat de informatie te leveren die voor doelmatig onderhoud nodig was. Het instorten kwam als een volledige verrassing. Zie figuur 9. Men kwam de oorzaak op het spoor na inspectie van de brokstukken. Zie figuur 10.

design



Figuur 8. Elementen van de Silver Bridge. Een knooppunt bestond uit drie elementen. Het knooppunt nam trekkrachten op. De ogen van de trekstangen waren verbonden met een pin.



Figuur 9. De ravage na het ongeval van de Silver Bridge, foto's Public Domain.



Figuur 10. Inspecteurs aan het werk na het ongeval van de Silver Bridge in 1967.

Offerte gemist; capaciteit meteen elders ingezet

Bij de tender voor de ondergrondse fietsenstalling bij Rotterdam Centraal eindigde Ballast Nedam als tweede. De tender is 6 maanden geldig. B N verneemt dat de opdracht naar elders gaat. Echter, twee dagen voordat de termijn van 6 maanden verloopt ontvangt B N alsnog opdracht. Het wordt niet bekend waarom de opdrachtgever met de winnende tender niet verder wil. Probleem is nu dat B N andere opdrachten heeft geboekt, waaronder een spoedopdracht. B N is niet in staat de opdracht uit te voeren zoals in de tender vermeld en gegarandeerd met een bankgarantie van 1% van de opdrachtsom. Na wat rondbellen blijkt dat het niet alleen bij B N, maar in de hele branche gebruikelijk is dat men er geen rekening mee houdt dat een opdracht binnen de geldigheidstermijn van de tender nog kan binnen komen. Deze systeemfout lijkt welhaast onoplosbaar. Als men met een dergelijke kans rekening zou houden zou iedere aanbieder gedurende de geldigheidstermijn van alle tenders capaciteit vrij moeten houden. Dat zou aanzienlijk meer bouwcapaciteit, menskracht en financiële reserves vergen dan het lopen van het risico dat er alsnog een opdracht volgt. B N heeft de fietsenstalling wel gebouwd. Figuur 11.



Figuur 11. De door Ballast Nedam gebouwde fietsenstalling onder station Rotterdam Centraal. Foto Public Domain.

De Minhocaoweg door San Paulo

Om verkeerscongesties op te lossen werd in 1970 in San Paulo een verhoogde verkeersweg aangelegd dwars door de stad. Op veel plaatsen ligt de weg op minder dan 5 meter afstand van appartementen en kantoren. Er gaan per dag 80.000 auto's over het traject. Door verkeersgeluid, uitlaatgassen en rustverstoring is het leven ondragelijk geworden in de gebouwen nabij de weg. Figuur 12. In 1976 werd de weg gesloten op zondagen. Figuur 13. In 1990 volgde sluiting tussen 21.30 en 06.00 uur.



Figuur 12. De Minhocaoweg in San Paulo is 24 uur per dag, 7 dagen in de week druk. Foto Public Domain.

Twee systeemfouten zijn aan de orde. Allereerst de planologie van de stad waar talloze hoge gebouwen zijn verrezen die een grote bevolkingsdichtheid met zich brachten, terwijl in de planologische plannen onvoldoende ruimte werd toegekend aan mobiliteit en parken. Een tweede systeemfout is de aanleg zelf. Dit project moest mislukken omdat de aanleg van een dergelijke weg om moeilijkheden vraagt. Door de planologische opzet is een oplossing zonder pijnlijke knelpunten niet meer binnen bereik.



Figuur 13. De Minhocaoweg is op zondagen een oord om te barbecueën of – zoals hier voor je jaarlijks marathon. Foto Francesco Sanchez.

Libertyschepen

In de Tweede Wereldoorlog produceerden Amerikaans werven honderden Libertyschepen in seriebouw. Daarbij hanteerde men een betrekkelijk nieuwe techniek: lassen in plaats van klinken. Dat beheerste men echter nog niet zo goed. Lassen kregen scheurtjes. Onder spanning van ongelijk verdeelde lading braken schepen spontaan op een golftop in de midscheeps of wanneer het schip in een golfdal onvoldoende opwaartse druk midscheeps ontving. Ook brosheid van de lassen in ijskoud oceaانwater werkte niet mee. Figuur 14.



Figuur 14. Gebroken Libertyschip door verkeerde verdeling van de lading en onvoldoende gewicht midscheeps. Foto DoD, Public Domain.

Breedbandvloeren en veiligheid

Een vloer van de parkeergarage van luchthaven Eindhoven stortte in tijdens de bouw. Systeemfout? Het gaat om een het effect van onzekerheid dat we voorheen niet hebben gekend. Een Blinde Vlek dus. Na veel onderzoek is nu na twee na het ongemakkelijke incident bij de parkeergarage in Eindhoven vastgesteld dat het euvel is te duiden aan een tekort aan hechting tussen het beton van de geprefabriceerde breedbandplaten – al of niet met bollen er in – en het daarop gestorte beton. Zie Figuur 15.

Er zijn honderden gebouwen voorzien van deze vloeren. De zwakke plek moet dus systematisch terug komen in tal van gebouwen. Op grote schaal zijn tussentijdse inspecties uitgevoerd.



Figuur 15. De ravage na het nachtelijke instorten.

Systeemfouten in software en IT-programmatuur

Een systeemfout van de BD zorgde er voor dat gegevens van verschillende personen aan elkaar werden gekoppeld. Onhandig. En in strijd met de privacywet. Studenten moesten wachten op uitslagen van examens omdat een centrale site met uitslagen een fout bevatte die als systeemfout werd benoemd.

Wanneer u Photoshop CC (20.0) start, wordt het dialoogvenster Photoshop.exe - Systeemfout weergegeven.

Geen phishingmail maar systeemfout bij theater Junushoff. Plotseling een kaartje gekregen voor een voorstelling?

Door een systeemfout vanuit hun zijde heb ik vanaf maart 2018 geen facturen meer ontvangen. Ik heb tussentijds gewoon de meterstanden opgenomen ...

Wachtlijst is een systeemfout die opgelost kan worden.

De melding "Systeemfout" verschijnt op het display. Schakel het apparaat uit en weer in. Als de melding opnieuw verschijnt, neem dan contact op met de hotline.

Systeemfout is in bovenstaande gevallen op te vatten als fout in een software systeem. Echter, fouten in software worden dikwijls als systeemfout aangemerkt, terwijl het normale Basis Risico's zijn die bij het ontwerp of bij het programmeren werden gemaakt.

8. Ontwrichtende systeemfouten

Ook de bestuursstructuur van een complex technisch project, het beheer van technische objecten of de exploitatie daarvan kunnen als systeem worden geschetst. Indien sociale en bestuurlijke omstandigheden het realiseren van de doelstellingen van een dergelijk systeem in gevaar brengen kunnen ze zelfs het hele systeem ontwrichten. Het systeem functioneert dan niet meer. Alle technische systemen zijn op het niveau van componenten gereguleerd. Overal zijn normen van

toepassing, maar ook dwingend rechtelijke regelgeving die bij fabricage en gebruik moeten worden gevolgd. Nu hebben regels geen zin zonder toezicht. In ons maatschappelijk systeem is de staat de ultieme toezichthouder.

Waarom toezicht door de staat? In een democratische samenleving is macht verdeeld over een wetgever, een systeem van burgers en ondernemingen en een overheid. Deze is verantwoordelijk voor het in stand houden van waarden, die we als samenleving belangrijk vinden: onderwijs, veiligheid, gezondheidszorg, respect voor anderen. Het gaat om grondbeginselen waarop een samenleving is gebouwd. Daar hoort toezicht bij. Een overheid verifieert of ieder die waarden in acht neemt. Binnen wettelijk vastgelegde regels bewaken toezichthouders of ieder zich houdt aan die regels. Is dat niet het geval dan moet een sanctie mogelijk zijn. Toezicht houden is een onmisbaar element in de systeemleer van de samenleving. Toezicht houden is een verheven vak; het gaat verder dan het opstellen van technische regels en voorschriften waaraan voldaan moet worden. Dat werkt een 'vinkjescultuur' in de hand en dat is ongewenst. Toezicht vereist begrip voor de waarden waarop men toezicht uitoefent en begrip voor allen die door het toezicht worden beschermd. Een toezicht houdende instantie is deel van het sociaal psychotechnische systeem. Indien hij niet goed functioneert is een dergelijke instantie een storend element in risicobeheer. Bij ongevalanalyses zijn falende toezichthouders objecten van onderzoek.

Toezicht dat niet functioneert werkt verlamdend in een samenleving. Het kan zijn oorzaak vinden in bestuurlijke misstanden, in ondeskundigheid van de functionarissen die bij de toezichthouder werken, het kan aan de organisatievorm liggen, of aan de te korte budgetten of aan politieke verhoudingen.

Deepwater Horizon in de Golf van Mexico.

Op 20 april 2010 maakte een explosie een eind aan een prachtig drijvend mobiel platform voor het boren naar olie en gas in de Golf van Mexico. De module verdween naar de bodem van de Golf. Zie figuur 16. Het duurde 87 dagen voordat de olie en gas spuwende boorput op 5 kilometer diepte op de bodem van de Golf kon worden gedicht. Er waren technische fouten gemaakt, managementfouten, bestuurlijke fouten en het toezicht op de operaties had volledig gefaald. Het Minerals Management Service Department (MMSD) had slechts globale richtlijnen opgesteld, terwijl de details aan de oliemaatschappijen werden overgelaten, maar ook het toezicht daarop. BP, de verantwoordelijke concessiehouder, veranderde tijdens de operaties de testprocedures vijf keer zonder dat de toezichthoudende instantie vragen stelde. Dat kon ook moeilijk, want BP had veel meer kennis over boren dan de toezichthouder. Bovendien incasseerde de MMSD ook de concessiegelden van BP. Dat creëerde conflicterende belangen. De rol van toezichthouder en tegelijkertijd als incassobureau fungeren vereist verschillende opstellingen tegenover een grote onderneming als BP.

BOEMRE rapporteerde over de zelfde onderwerpen als het rapport dat in opdracht van president Obama door een speciale commissie in januari 2011 al was

verschenen.¹⁵ Het gaat om inbreuk op wetten en regels en de onveiligheid aan boord.



Figuur 16. Deepwater Horizon gaat brandend ten onder. Foto Public Domain.

Zeven dwingendrechtelijke voorschriften waren permanent overschreden, terwijl ook acht voorschriften met betrekking tot risicomangement en veiligheid, die BP het eigen personeel had voorgeschreven consequent werden genegeerd. In die rapporten blijft onderbelicht dat de toezichthouder volledig onbekwaam was om zijn taak uit te voeren, te weten het houden van toezicht. Wel zijn de verhoudingen onder de regering Obama meteen drastisch veranderd. Het Bureau of Safety and Environmental Enforcement (BSEE) is versterkt. Het heeft als taak regelgeving te controleren en kan die ook handhaven. Het Office of Natural Resources Revenues (ONRR) is verantwoordelijk voor het innen van de concessiegelden.

Chemische industrie in de VS / Ongevallen in Californië

Een van de meest geciteerde ongevallen in de chemische industrie in de VS is de ramp bij de BP Texas City Refinery in 2005. Vijftien doden en 170 gewonden. Het eindrapport daarover stelt dat het niet aangaat de verantwoordelijkheid voor de doden en gewonden bij de uitvoerenden en hun managers te leggen. Dan mist men de belangrijke culturele, menselijke en organisatorische oorzaken van de tragedie. Jaren van bezuinigingen, slechte opleidingen en slechte voorlichting en trainingen van personeel maakten de installatie steeds meer kwetsbaar voor ongevallen. Het

¹⁵ . Er bestaan honderden rapporten over de ramp. Twee daarvan zijn toonaangevend. BOEMRE, Deep Water, The Gulf Oil Disaster and the Future of Offshore Drilling, Report to the President, National Commission on the BP Deepwater Horizon Houston Oil Spill and Offshore Drilling, January 2011 en United State Coast Guard (USCG) together with BOEMRE (Bureau of Ocean Energy Management Regulation and Enforcement), Deepwater Horizon Joint Investigation Team Report, September 14, 2011.

kwam voor dat men installaties in gebruik hield ondanks achterstallig onderhoud en gevaarlijke lekken. Zie figuur 17.



Figuur 17. De ravage na de explosie in de BP raffinaderij Texas in 2005. Foto's CSB, gouvernement, public domain.

Maar de hogere leiding lette niet op de waarschuwingen. Na dat rapport van 2007 namen raden van bestuur, topmanagement en deskundigen de waarschuwingen graag over en betuigden hun breed gedragen voornemens om de bakens te verzetten. De raffinaderijen en chemische installaties zouden worden gemoderniseerd, de verouderde technologie worden vervangen door nieuwere; de veiligheidsvoorschriften aangescherpt. Operators zouden betere opleidingen krijgen om kleine problemen tijdig te signaleren zodat grotere zouden worden voorkomen. Bedrijfstakbreed stemde iedereen in met goede voornemens.

Daar was in 2015 weinig van terecht gekomen. Diverse studies bevestigen aan de hand van de ongevallen die in de jaren 2007 – 2015 in deze bedrijfstak gebeurden dat het eigenlijk niet noemenswaardig was verbeterd. Een paar jaar na de ramp in de Gulf waren er ongevallen bij raffinaderijen in Californië, waarbij weer werd vastgesteld dat de inspectie door de federale Occupational Safety and Health Administration (OSHA) niets voorstelde.

De ongevallen zijn steeds technisch van aard. Een geëxplodeerde warmtewisselaar (Tesoro Puget Sound Refinery, 2015, 7 doden), ontsnappend brandbaar gas, dat in een ontvlammende gaswolk verandert (Chevron raffinaderij Richmond Californië, 2015, 18 gewonden), gaslek (Du Pont chemische installatie, Texas, 2015, 4 doden), explosie in kunstmestfabriek (West, Texas, 2013, 15 doden), talrijke personen met blijvend ernstig letsel, zoals door chemische reacties, storingen in ketels, ontsnappende zwavelwaterstof, zuurstoflekken, maar ook hartstilstand, vallen, een sluitend tankdeksel, elektrocutie, aanrijding door trein, dood bij duiken, en beklemming tussen een voertuig en een balk.

Desondanks stellen officials dat er ook veel is verbeterd. Dat gaat dan om de infrastructuur van *plants* en het hele systeem. Gebouwen worden op afstand geplaatst van de gevaarlijke zones, gevaarlijke delen van de industrie worden verbeterd, de industrie heeft onafhankelijke veiligheidsinspecteurs aangesteld, die moeten rapporteren aan de directies. Er is inderdaad veel meer aandacht voor veiligheid dan in het eerste decennium van deze eeuw.

Het American Petroleum Institute, een werkgeversorganisatie, stelt dat er in de hele industrie een beweging op gang is gekomen om een herhaling van de ramp van 2005 te voorkomen. BP en Tesoro vertellen dat er zeer veel mensen in hun raffinaderijen werken en dat het aantal ongevallen, gelet op de verbeterde toestand, is verminderd en weliswaar nog verder moet worden gereduceerd, maar dat er altijd meer gedaan zou kunnen worden dan er in werkelijkheid tot stand komt. Valero (een chemische industrie) wijst op haar geringe gevallen van letselschade en *“maintained an excellent safety record, compiling awards from industry associations and regulatory agencies”*, zoals een woordvoerder het stelde.

Maar het ligt toch meer genuanceerd. Het US Bureau of Labor Statistics heeft geen cijfers om de beweringen van de industrie te staven. Veel incidenten bereiken het kantoor niet. Tussen 2007 en 2011 voerde OSHA onaangekondigd inspecties uit bij 58 raffinaderijen en chemische fabrieken. Gemiddeld rapporteerde men 17 inbreuken op dwingende regelgeving waarop OSHA gemiddeld \$ 166.000 aan boetes oplegde. Maar de inspecties moesten stoppen wegens tekort aan middelen. Een dergelijke

inspectie vergt 1000 manuren, terwijl een normaal aangekondigd bezoek met 25 uur kan worden afgedaan. OSHA kan vele gerapporteerde inbreuken op regelgeving niet vervolgen wegens een tekort aan inspecteurs. Het instituut heeft ongeveer 600 van haar werknemers in staat gesteld cursussen te volgen in veiligheidkunde, maar het is niet duidelijk hoeveel daarvan er nog bij OSHA werken. Het is moeilijk. Soms leidt het instituut mensen op om goed te inspecteren en dan gaan ze naar de industrie die een salaris betaalt dat twee keer zo hoog is. De veelal republikeinse overheden houden de budgetten kort; men wil een “kleine overheid”, men wil niet veel belasting betalen, de ambtenaren worden over het algemeen minder betaald dan vergelijkbare functies in het bedrijfsleven, maar hebben ook minder opleiding genoten. Het kwam als volgt in de krant: *“Within this reasonable large federal agency OSHA, the number of people whom I respect and I feel have a reasonable depth and breath of knowledge and experience in [process safety management] I could probably count on one hand”*, zo zei Sam Mannan, director May Kan O’Connor Process Safety Center at Texas A&M University.¹⁶

De andere systeemfout in de Morandibrug

Naast de technische systeemfout speelde ook bij de Morandibrug in Genua een sociaal-bestuurskundige systeemfout, die aan de kaak is gesteld door de New York Times (NYT).¹⁷ Het artikel is ook besproken in de digitale blogspot Understanding Society¹⁸. De oorzaak van de ramp zou niet liggen bij een technisch gebrek of een technische systeemfout, maar bij een samenloop van sociale en organisatorische omstandigheden. Autostrade per l’Italia heeft de brug in beheer en delft daaruit “enorme winsten”, terwijl de ministeries die verantwoordelijk zijn voor regelgeving en toezicht de andere kant op kijken. De NYT daarover: “Autostrade reaped huge profits and acquired so much power that the state became a largely passive regulatory”. Het ministerie van Infrastructuur en Transport had het toezicht uitbesteed aan een andere private onderneming, zodat “the company effectively regulated itself because Autostrade’s parent company owned the inspection company responsible for safety checks on the Morandi Bridge”. Voor een impressie van de ramp. Zie figuur 18.

Er waren tegengestelde belangen tussen beheerder, inspectielichaam en verantwoordelijke instanties. De technische inspecties werden uitgevoerd door Spea Engineering te Milaan. Formeel is die onafhankelijk, maar hij is eigendom van de houdstermaatschappij van Autostrada, terwijl deze laatste de grootste klant van Spea is. De kantoren van Spea zijn ondergebracht bij Autostrada. De familie Benetton is middellijk eigenaar van deze beide ondernemingen. De familie haalde dus een flink winstgevendende omzet uit de concessie, maar andersom had de staat alle belang bij goede relaties daar Autostrade per jaar bijna € 600 miljoen aan vennootschapsbelasting, BTW en licentiegelden betaalde. Men had elkaar in de tang. Ook hier één en dezelfde instantie in een rol van incassobureau en als toezichthouder. Dat blijkt niet samen te gaan.

¹⁶ . Malewitz, J. Colette, M., Olsen, L., Anatomy of Disaster, the Texas Tribune and the Houston Chronicle, March 22 and 30, 2015.

¹⁷ . New York Times, 5 maart 2019.

¹⁸ . <https://understandingsociety.blogspot.com/2019/03/the-morandi-bridge-collapse-and.html>



Figuur 18. Het ingestorte gedeelte met daaronder het puin van de brug. Foto: Eugenio Ceroni and Luca Cozzi, *Ponte Morandi - Autopsia di una strage*.

In een samenleving kunnen verhoudingen verziekt raken. De macht van zeer grote technische concerns kan het functioneren van staatsorganisaties die toezicht behoren te houden verlammen. Het komt niet alleen in Italië voor, maar overal ter wereld. Het wordt dikwijls toegedekt door machthebbers. Vaak ziet men van de kant van grote concerns goede acties op het gebied van public relations, waaruit moet blijken dat een situatie bestendig kan worden genoemd, terwijl voor de leek het lastig is goed te oordelen over een verantwoord evenwicht tussen industrie en toezichthouder. Maar als het overduidelijk is worden dergelijke systeemfouten in de samenleving flink aan de kaak gesteld. Ook in Italië.

De Boeing 737MAX

In oktober 2018 stortte een Boeing 737MAX neer in Indonesië. Begin mei 2019 kwam een zelfde toestel in Ethiopië in onbestuurbare toestand naar beneden. Zie figuur 19. Het gevolg is dat alle luchtvaartmaatschappijen ter wereld hun toestellen van dit type aan de grond houden. De Ingenieur berichtte uitvoering over deze rampen.¹⁹ Goede onderzoeksjournalistiek bracht al snel een fundamentele systeemmisstand aan het licht. De Seattle Times, de New York Times, CNN, de NRC. Er is eigenlijk geen dagblad dat geen aandacht aan deze ramp heeft besteed. Wij volgden de NYT.²⁰

De toezichthoudende instantie, de Federal Aviation Administration liet veel routinetaken over aan de vliegtuigindustrie. Het doel daarvan was dat men zich op ambtelijk niveau dan beter kon bezig houden met het beleid en met de belangrijke grote aspecten voor de veiligheid van passagiers en bemanning. Maar in feite was het proces van overheidstoezicht ernstig verstoord. Zodoende kon Boeing

¹⁹ . De Ingenieur nieuwsbrieven van 19 maart 2019, 28 maart 2019, 4 april 2019, 5 april 2019, 6 mei 2019. <https://www.deingenieur.nl/artikel/>

²⁰ . New York Times, 27 juli 2019, <https://www.nytimes.com/2019/07/27/business/boeing-737-max-faa.html>

belangrijke aspecten van de systemen van de 737MAX, waaronder het gevaarlijke softwaresysteem MCAS buiten het zicht van de FAA houden. Dat systeem kreeg van Boeing een verbeterde versie, maar dat werd niet gecommuniceerd met de FAA. Na de eerste crash rezen er bij de toezichthouder nog geen vragen, maar na de tweede ramp was dat anders en werden de Boeings van dit type aan de grond gehouden.



Figuur 19. Ethiopian Airlines vlucht 302 op 10 maart 2019. Foto China South West.

De FAA zowel als Boeing hebben de samenwerking toegelicht en gesteld dat de certificatie volgens de goede procedures tot stand is gekomen. Maar dat is nu niet meer vol te houden. Het ministerie van justitie is een onderzoek gestart. Nu vliegtuigen technisch steeds meer complex worden is het niet meer voldoende om alleen aan de regels te voldoen; dat is zeker niet het geval indien die regels de toezichthouder weg houden van zijn eigenlijke werk. Dat is toezicht houden. Bovendien houdt het niet op met regelgeving. Er is ook nog een ethisch-technische ingenieursplicht in het spel. Dat geldt zowel voor personeel van Boeing als voor dat van de FAA. Maar de samenwerking werd toegejuicht. De FAA noemde het efficiënt werken en doelmatig aanwenden van haar beperkte capaciteiten. De FAA heeft ook moeite uitstekende ingenieurs aan zich te binden aangezien ze niet in staat is te concurreren met de salarissen die de industrie betaalt. Het geeft een hoop stof tot nadenken en discussie. Weer een sociaalbestuurlijke systeemfout.

Een overheid best de zorg voor het in stand houden van die waarden uitbesteden aan private ondernemers. Maar dan blijft die overheid vanuit de grondwet wel verantwoordelijk voor de instandhouding. Dat kan alleen door streng en adequaat toezicht.

9. Conclusies en samenvatting

Systeembeheer en systeemmanagement zijn zinvolle technieken voor het begeleiden van complexe projecten.

Onder systeem kan worden verstaan een verzameling van elementen die elkaar wederzijds beïnvloeden en die een geïntegreerd geheel vormen; elk element heeft een functie in het bereiken van een gemeenschappelijk doel.

Een goed uitgewerkt systeembeheer geeft inzicht in de functie van alle opdrachtnemers, hun onderaannemers, leveranciers en dienstverleners, alsmede hun onderlinge relaties.

Systeembeheer maakt het op het hoogste niveau in het systeem mogelijk het totale systeem te monitoren en daar in te grijpen waar dat wenselijk of noodzakelijk is.

Indien een van de elementen van een systeem niet functioneert zal dat de goede werking van het hele systeem in gevaar brengen.

Een systeemfout bestaat uit ofwel het ontbreken van een onmisbaar element, dan wel een gebrek in het functioneren van een element in een systeem, waardoor dat element niet kan bijdragen aan het goed functioneren van het gehele systeem.

Het komt voor dat systeemfouten al in de vroege ontwerpfase van een project worden ingebracht. Soms kan de ontwerper, begrensd als hij is door de stand van de technologie (Moriandobrug) niet anders; in andere gevallen komt men de systeemfout pas op het spoor na een dramatisch incident (Silver Bridge). Soms is men gedwongen om te gaan met systeemfouten in het verleden (falende stadsarchitectuur in San Paulo) en is een nieuwe systeemfout onvermijdelijk (Minhocaoweg in San Paulo).

Systeemfouten doen zich voor als BasisRisico, als Witte Vlek of als Blinde Vlek. Voor het tijdig ontdekken van systeemfouten moeten de zelfde technieken worden ingezet als bij normaal risicobeheer in de techniek.

Ook de relatie overheid versus techniek is te vatten als systeem, dit keer niet van technische aard, maar van bestuurlijk sociaalpsychologische aard. Toezicht dat niet functioneert werkt verlamdend in een samenleving. Het kan zijn oorzaak vinden in bestuurlijke misstanden, in ondeskundigheid van de functionarissen die bij de toezichthouder werken, het kan aan de organisatievorm liggen, of aan de te korte budgetten of aan politieke verhoudingen. Dergelijke misstanden zijn vaak alleen te veranderen via politieke krachten.

10. Bronnen

Cogan, Boris, Systems Engineering – Practice and Theory, Rijeka, Croatia, 2012. 364 pag.

De Ingenieur Nieuwsbrief, 19 maart 2019, 28 maart 2019, 4 april 2019, 5 april 2019, 6 mei 2019.

Encyclo, www.encyclo.nl, digitaal verklarend woordenboek

Fraser, Jane and Abhijit Gosavi, Missouri University of Science and Technology, What is systems engineering?, American Society for Engineering Education, 2010

Hasenjaeger, Kristian, Understanding Morandi – Part 1 – The post-stressed concrete cable stays, update August 30, 2018, www.retrofutur.org/retrofutur/app/main?DOCID=1000116030.

Hasenjaeger, Kristian, The Morandibridge (Polcevera Viaduct) in Genova, July 2019, update, www.retrofutur.org/retrofutur/app/main?DOCID=100011180.

Leonard, John, c.s. Systems Engineering Fundamentals, Department of Defence, December 1999, 205 pag.

Malewitz, J. Colette, M., Olsen, L., Anatomy of Disaster, the Texas Tribune and the Houston Chronicle, March 22 and 30, 2015.

NASA, Systems Engineering Handboek, rev 1, 360 pag. 2007.

National Commission on the BP Deepwater Horizon Houston Oil Spill and Offshore Drilling, Report to the President, January 2011

New York Times, 5 maart 2019 en 27 juli 2019, <https://understandingsociety.blogspot.com/2019/03/the-morandi-bridge-collapse-and.html>

Oostrum, Piet van, Systeemarchitectuur UvU, Department Informatica, November 2005

Pasman, Prof. Dr. Ir. Hans J, Presentatie Risicobeheersing taak van het management, KIVI-RBT Werksymposium International Contracting, Den Haag, 8 juli 2019

Puil, John van der, Case From Arlon to Gye, vs. 3.0, International Contracting, Module Down Stream Contracting, uitg. TIAS, School for Business & Society, August 2014.

Puil, John van der, Syllabus Bijzondere Risico's van International Contracting, vs. 4.0. 27 juni 2019. Uitg. KIVI-RBT, Werksymposium International Contracting, 8 juli 2019

Shao Xueyan* Qi Mingliang Gao Mingang, Safety risk analysis in flight operations quality assurance, Institute of Policy and Management, Chinese Academy of Sciences, Beijing100190, China,
www.sciencedirect.com

Sousa-Poza*, Andres, Charles Keating and Samuel Kovacic, Systems engineering: evolution and challenges, Department of Engineering Management and Systems Engineering, College of Engineering and Technology, Old Dominion University, Int. J. System of Systems Engineering, Vol. 5, No. 4, 2014

Understanding Society,
<https://understandingsociety.blogspot.com/2019/03/the-morandi-bridge-collapse-and.html>

United State Coast Guard (USCG) together with BOEMRE (Bureau of Ocean Energy Management Regulation and Enforcement), Deepwater Horizon Joint Investigation Team Report, September 14, 2011.

Wikipedia, 30 July 2019, Aviation Safety Hazards

Wikipedia, 30 July 2019, System Accident

Wikipedia, 30 July, 2019, System architecture,

Wikipedia, 30 July, 2019, Aviation safety,

Rotterdam, 30 augustus 2019
JP