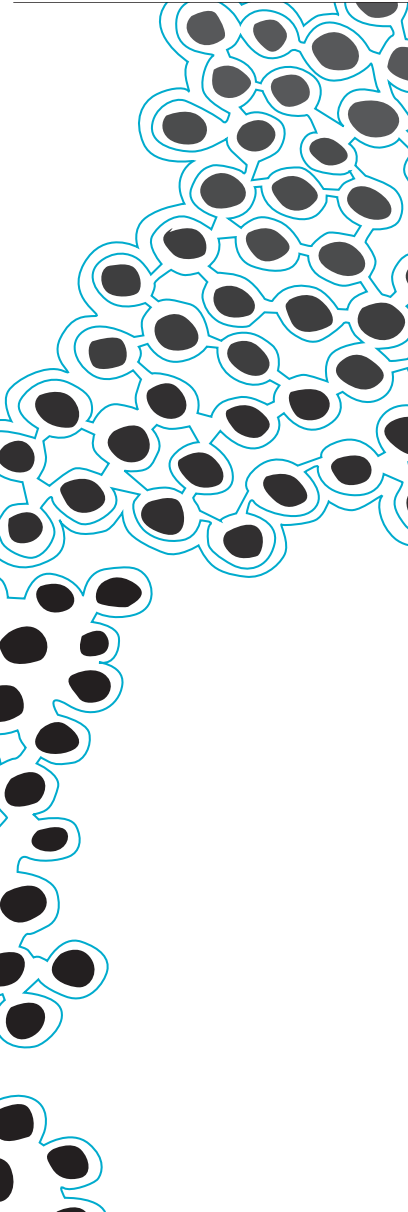


AFSCHIEDSREDE
VRIJDAG 19 OKTOBER 2018



MET ZEKERHEID
IN ONZEKERHEID:
OVER INNOVATIE
EN HET NEMEN
VAN INNOVATIE-
RISICO'S

PROF. DR. IR. J.I.M. HALMAN

UNIVERSITY OF TWENTE.



PROF. DR. IR. J.J.M. HALMAN

AFSCHEIDSREDE

MET ZEKERHEID IN ONZEKERHEID: OVER INNOVATIE EN HET NEMEN VAN INNOVATIERISICO'S

Delen hiervan zijn uitgesproken op vrijdag 19 oktober 2018
door

PROF. DR. IR. J.I.M. HALMAN,

Hoogleraar Innovatie en Risicomanagement in de bouw
Vakgroep Bouw/Infra

(Construction Management & Engineering)

Departement Civiele Techniek

(Department of Civil Engineering)

Faculteit Construerende Technische Wetenschappen

(Engineering Technology)

Universiteit Twente (University of Twente)

UNIVERSITY OF TWENTE.

COLOFON

© Prof. dr. ir. J.I.M. Halman 2018

Overname uit deze publicatie is toegestaan mits voorzien van bronvermelding.

Limited special edition, 19 oktober 2018.

ISBN 978-90-365-4651-5

INHOUDSOPGAVE

1.	Inleiding	4
2.	Mijn studie jaren	6
2.1.	Studeren aan de HTS en de TU in Delft	6
2.2.	Studeren aan de Interuniversitaire Interfaculteit Bedrijfskunde in Delft	9
3.	Werken in de praktijk	11
3.1.	Werken bij de Dienst van Openbare Werken te Curaçao	11
3.2.	Werken bij de Rijksgebouwendienst	13
4.	De TU/e: een focus op het nemen van risico's in innovatieprojecten	15
4.1.	Mijn onderzoek naar innovatie en risico's in innovatieprojecten	16
4.2.	Doceren en ontwerpen van onderwijs aan de TU in Eindhoven	26
5.	De Universiteit Twente: een focus op innovatie en risico's in de bouw/infra	28
5.1.	Onderzoek naar innovatie binnen de vakgroep Construction Management & Engineering	30
5.2.	Onderzoek naar risico's in de bouw binnen de vakgroep Construction Management & Engineering	43
5.3.	Innoveren en risico's nemen in de bouw: Quo vadis?	51
5.4.	Ontwerpen van onderwijs, leidinggeven aan onderwijs en doceren in mijn Twentse periode	55
6.	De organisatie van het wetenschappelijk onderwijs en onderzoek	59
7.	Ter besluit: een woord van dank	66
	Referenties	68
	Over Johannes (Joop) I.M. Halman	75

Mijnheer de Rector Magnificus,
Collegae hoogleraren en andere leden van de universitaire gemeenschap,
Zeer geëerde gasten,
Lieve familie en vrienden,
Dames en heren,

1. INLEIDING

In het jaar voorafgaande aan dit afscheidscollege heb ik met enige regelmaat gemijmerd wat het afscheid nemen van mijn werk aan de universiteit voor mij zou betekenen. Ik kon mij daar eerlijk gezegd nog niet veel bij voorstellen. Ik voelde en voel mij in een prima conditie, waarom zou je dan stoppen terwijl je het gevoel hebt dat je net goed op stoom bent?

De CAO van Nederlandse universiteiten houdt geen rekening met dit soort van mijmeringen: met het bereiken van de AOW-leeftijd stopt automatisch je aanstelling bij de universiteit. Dit in tegenstelling tot bijvoorbeeld de Rijksoverheid waar je tot je 70e mag doorwerken mocht je dat zelf willen. Het initiatief ligt bij de medewerker. Je zou van universiteiten mogen verwachten dat zij bij dit soort van maatschappelijke ontwikkelingen het voortouw nemen ...

Bij het mijmeren over de betekenis van het afscheid nemen, realiseerde ik mij dat de Nederlandse taal hiervoor twee opties in de aanbieding heeft: Vaarwel en Tot ziens. Het Vaarwel is voor een definitief afscheid en bij het Tot ziens verwacht je elkaar weer te ontmoeten. Het Vaarwel zegt ook wat over de importantie die de scheepvaart de afgelopen eeuwen voor Nederland heeft gehad in het menselijk verkeer. En Welvaart is niet voor niets een synoniem geworden voor een goed draaiende economie.

Mijn verhaal van vandaag begint in 1969, het jaar dat Neil Armstrong voet op de maan zette en ik hetzelfde deed, maar dan op Nederlandse bodem. Ik vertrok vanuit Curaçao, niet per boot en ook niet per raket, maar per vliegtuig via New York, naar Amsterdam. Ik was 16 jaar en had net mijn vwo-diploma gehaald (in die tijd spraken we nog van de HBS-B). Mijn moeder vond mij echter nog wat te jong voor de universiteit. Via haar

contacten in Nederland regelde ze een kamer voor mij bij Mien Vos in De Bilt zodat ik kon gaan studeren aan de HTS aan de Vondellaan in Utrecht. Bij aankomst op Schiphol, werd ik welkom geheten door Walter Palm, een neef van mij, die wis- en natuurkunde studeerde aan de universiteit in Leiden. Curaçao is in vergelijking met Nederland een kleine gemeenschap; de meeste mensen kennen elkaar wel of via via. Vanuit dit referentiekader, vroeg ik aan Walter of hij wellicht Mien Vos uit De Bilt kende. Dat bleek - uiteraard zeg ik nu - niet het geval. Mijn volgende vraag was of hij dan wel de Prof. dr. Ch. Eyckmanweg in De Bilt kende, daar moest ik immers naartoe. Ook dat bleek niet het geval. Maar hij wist wel hoe er te komen. Met de in die tijd nog bestaande KLM-bus zijn we van Schiphol naar Utrecht gereden en vanuit Utrecht met de bus naar De Bilt. Bij aankomst in de Eyckmanweg zei ik tegen Walter dat Mien Vos toch wel in een erg groot huis woonde! Hij hielp mij snel uit deze illusie door mij uit te leggen dat elke deur die ik zag, de voordeur was van een ander huis ...

In de psychologie (zo weet ik vandaag de dag) worden mijn drie missers, door het redeneren vanuit mijn eigen referentiekader, met een mooi woord hypocognitie (zie o.a. Wu en Dunning, 2017) genoemd: we kunnen niet waarnemen, wat we niet kennen maar er wel is.

2. MIJN STUDIEJAREN

2.1. STUDEREN AAN DE HTS IN UTRECHT EN DE TU IN DELFT

Ik heb veel geleerd op de HTS, in het bijzonder de Hoe-vraag kwam daar continu aan bod. Oplossingen voor constructies moesten we in detail uittekenen en ook berekenen. Wel miste ik in de opleiding het stellen van de Waarom-vraag. Dit werd echter ruimschoots gecompenseerd tijdens mijn studie aan de TU in Delft (in die tijd nog de Technische Hogeschool Delft geheten). Vakken als bouwfysica, constructief ontwerpen, maar ook architectonisch ontwerpen heb ik er met erg veel plezier gevolgd. De opleiding schreef in die tijd ook een bedrijfsstage van twee maanden voor. Ik kon hiervoor terecht bij het TAB (het Technisch Advies Bureau) met kantoren op Curaçao en Aruba, waar directeur ir. Tom Janga, mij in de gelegenheid stelde om te werken aan het ontwerp en het samenstellen van een projectdossier voor een hotel, tevens hotelvakschool aan de Palm Beach op Aruba. Maar zoiets lukt echt niet in twee maanden tijd. Ik heb er uiteindelijk acht maanden aan gewerkt. Na afloop waren niet alleen alle ontwerptekeningen af, ook de haalbaarheidsstudie voor de financiering van de bouw en het aantonen van een dekkende exploitatie van het hotel waren uitgewerkt, zodat dit voor financiering aangeboden kon worden bij de EU in Brussel. Het project werd in één keer, zonder enige wijziging goedgekeurd. Ik ben hier nog steeds trots op. Maar de eerlijkheid gebiedt mij wel te vertellen, dat het project nooit is uitgevoerd ... Het eilandsbestuur van Aruba kreeg namelijk van een Amerikaanse hotelketen een aantrekkelijk bod voor het bouwen van een luxe hotel op dezelfde locatie als waar het door mij uitgewerkte hotel met de hotelvakschool moest komen. Ik heb ervan geleerd dat een goed uitgewerkt ontwerp, een kostendekkende exploitatiebegroting en zelfs een gegarandeerde financiering, nog onvoldoende garantie bieden voor een daadwerkelijke realisatie!

Na deze qua doorlooptijd wat uit de hand gelopen stage, heb ik nog drie maanden gereisd door Midden-Amerika. Ik was in het bijzonder geïnteresseerd in de ontdekkingen en opgravingen van piramiden die in die tijd plaatsvonden en heb hierover avondcolleges in Guatemala gevolgd die gegeven werden door archeologen van de University of Pennsylvania. Na een jaar oponthoud in mijn studie keerde ik via New York terug naar Delft om te gaan werken aan mijn afstudeerproject.

Het ontwerp van een luchthaven in Monastir-Skanes in Tunesië als afstudeerproject

Ik wilde zowel in architectuur als in bouwtechniek afstuderen. Voor het afstudeeronderwerp betekende dit een keuze voor een complex object zoals het ontwerp van een groot ziekenhuis, de bouw van een fabriek, of een luchthaven. Studiegenoot Johan Klip (hij is alweer bijna 50 jaar een goede vriend van mij) en ik besloten om na een consultatie in de praktijk samen af te studeren op het ontwerp van een luchthaven. Een luchthaven sprak mij vanwege het internationale karakter verreweg het meeste aan. Alleen hadden we nog geen locatie voor de luchthaven! Nu was het zo dat in de jaren '70 een bijzonder groot deel van de Nederlandse bevolking op zonzakantie ging naar Spanje. Jaar op jaar, twee weken bakken in de zon aan de Costa Brava, Torremolinos, Mallorca of op Ibiza. Daar moest men, dachten wij toen, toch wel eens op uitgekeken raken. Naast de zon en zee zou men ook iets willen opsnuiven van historie en een andere cultuur. Na een uitgebreide oriëntatiestudie over opties in het Middellandse zeegebied, viel de keuze uiteindelijk op Monastir-Skanes in Tunesië. Professor Bakema, wereldbekend door zijn aandeel in de wederopbouw van Rotterdam, schreef voor ons een aanbevelingsbrief in het Frans, bestemd voor de Tunesische ambassadeur in Den Haag. Na een bezoek aan de ambassadeur, schreef deze op zijn beurt een aanbevelingsbrief voor het ministerie van Transport in Tunesië. Op deze wijze kregen we tijdens ons bezoek aan Tunesië, alle locatietekeningen en ook belangrijke data van huidige en te verwachten luchtverkeersbewegingen in handen en werden we in de gelegenheid gesteld om zelfs de plaatselijke verkeerstoren te bedienen. Iets wat vandaag de dag totaal ondenkbaar is.

Omdat kennis over het ontwerpen van luchthavens niet echt aanwezig was op de TU in Delft, werd ir. Gilles Hondius van de Naco (Netherlands Airport Consultants) door de TU Delft speciaal voor ons project aangesteld als afstudeerdocent. Hoogleraar bouwtechniek prof. ir. Jaap Oosterhoff begeleidde ons voor het constructieve deel van de opdracht.

Een luchthaven is te kenschetsen als een complex gebouw. Je hebt ingaande en uitgaande passagiersstromen, inkomende en uitgaande bagagestromen, aanvoer en afvoer van restauratieve voorzieningen, van goederen voor de taxfree shops, maar ook nog wachtrij veroorzakende veiligheids-, douane- en paspoortcontroles. Dit leidt vaak tot een enorm gekrioel van door elkaar lopende passagiers en spaghetti-achtige gebouwen waar je gemakkelijk de weg kwijtraakt. Na het opstellen van het

functionele programma van eisen besloten we tot een heldere scheiding van de functionele stromen. Inkomende passagiers kun je fysiek scheiden van vertrekkende passagiers en hetzelfde kun je doen voor alle andere te onderscheiden functies. Wij kwamen hiermee in 1978 uit op een modulair luchthavenontwerp. Dit in een tijd dat Ulrich zijn baan-brekende artikel uit 1995 over modulair ontwerpen nog moest schrijven. Het gebouw is indertijd ontworpen voor het verwerken van een capaciteit van 2 miljoen passagiers. Door de modulaire opzet van het ontwerp was deze capaciteit bij een groei van het toerisme ook makkelijk te verdubbelen.

Vanwege onzekerheid over de aanvoer van materialen is het gebouwontwerp zodanig uitgewerkt met standaardelementen dat deze in een fabriek in Tunis zouden kunnen worden geprefabriceerd en op locatie in Monastir-Skanes geassembleerd. Ook zou alles op locatie kunnen worden gestort. Ik had er toen geen weet van dat product platforms en modulariteit als opties tot het creëren van een groot aantal variatiemogelijkheden tegen acceptabele prijs en industrialisatie in de bouw, jaren later belangrijke onderwerpen van onderzoek zouden worden in mijn academische loopbaan. Het World Economic Forum heeft in december van het afgelopen jaar in haar rapport *The Future of Construction* (2016; 2017), modulair bouwen en prefabricage aangemerkt als de meest veelbelovende aanpak voor productiviteitsverhoging in de bouw en civiele techniek.

2.2. STUDEREN AAN DE INTERUNIVERSITAIRE INTERFACULTEIT BEDRIJFSKUNDE IN DELFT

Na het behalen van mijn ingenieursdiploma in 1978 vond ik dat er in mijn opleiding te weinig aandacht was geweest voor financiële, economische en bedrijfskundige aspecten. Na het ontwerp van de luchthaven kon ik niet vertellen wat de te verwachten bouwkosten en doorlooptijd zouden zijn. Toch twee belangrijke indicatoren voor het mislukken van projecten. Ik koos er daarom voor om als vervolgopleiding de Interuniversitaire Interfaculteit Bedrijfskunde te gaan volgen in Delft. Deze masteropleiding is ontstaan uit een samenwerking tussen de universiteiten van Rotterdam en Delft. Na een kandidaatsdiploma kon je een adaptatieprogramma volgen en als je hiervoor slaagde werd je toegelaten tot een tweejarig doctoraal programma bedrijfskunde. Het adaptatieprogramma hield in dat je als technische student tentamen moest doen in psychologische, sociologische en rechten vakken. Studenten uit de sociale wetenschappen moesten zich

gaan verdiepen in rechten en technische vakken en de studenten rechten in sociale en technische vakken. De samenkomst van studenten uit zo uiteenlopende disciplines, heeft mij bewust gemaakt van de enorme kracht van het multidisciplinaire maar vooral ook het interdisciplinaire denken. Als ingenieurs zijn wij door onze opleiding geneigd om voor een probleem snel een oplossing te bedenken. Juristen zijn juist weer getraind om een probleem tot in detail te ontrafelen. Psychologen kijken naar de menselijke aspecten van het probleem en sociologen maken je ervan bewust dat het probleem nog veel groter is dan je aanvankelijk had bedacht. Schakelen tussen deze zienswijzen verrijkt enorm het inzicht in de problematiek en leidt vervolgens ook tot een veel grotere variatie aan mogelijk werkbare oplossingen.

Dit jaar heb ik het voorrecht gehad een afstudeerder van de master Risicomanagement bij ons aan de UT te begeleiden die in staat was interdisciplinair te denken. Frans Rops (2018) ontdekte dat een binnen het kader van een ziekenhuisproject op zich uitstekend werkbare ICT-oplossing later problemen zou opleveren in de operationele fase van het zorgproces. Dit vanwege het noodzakelijke onderhoud en het effect hiervan op het operationele proces in het ziekenhuis, er zouden dubbele diensten nodig zijn. Er bleek een duidelijke spanning tussen het conform specificaties opleveren van het bouwproject en het latere zorgproces. De kern van het probleem was dat de ICT-specialisten onvoldoende de implicaties voor het latere zorgproces konden doorzien en de zorgprofessionals niet in staan bleken om de impact van de voorgestelde ICT-oplossing voor hun eigen zorgproces te duiden. Vanuit zijn interdisciplinaire kennis van zowel ICT als van zorgprocessen en van risicomanagement bleek Frans Rops in staat het te verwachten probleem tijdig te voorzien en aan te kaarten.

Door de toenemende complexiteit van onze producten, processen, onze infrastructuur en fysieke objecten, zal de behoefte aan professionals die beschikken over interdisciplinaire kennis en de vaardigheid om te kunnen schakelen tussen verschillende kennisgebieden en te anticiperen op mogelijke toekomstige effecten, de komende jaren sterk toenemen. Het schakelen betreft niet alleen het vermogen om te schakelen tussen verschillende disciplines (kennisgebieden), maar ook tussen het project, het uiteindelijke projectresultaat en het primaire proces waarvoor het product, het object of de infrastructuur uiteindelijk gerealiseerd wordt.

De interuniversitaire interfaculteit bedrijfskunde bestaat helaas niet meer. Met de overgang naar de vierjarige academische opleidingen werd het een "gewone" bedrijfskundeopleiding in Rotterdam.

Het afstudeerproject voor mijn master bedrijfskunde ontstond per toeval in de trein. Tijdens een rit van Delft naar Leiden zat de toenmalige waarnemend directeur van de Openbare Werken op Curaçao, ir. Reno Pieters, in mijn coupé. We raakten met elkaar in gesprek over zijn werk waarin hij mij vertelde dat de VNG (de Vereniging Nederlandse Gemeenten) net de Dienst Openbare Werken op Curaçao had doorgelicht. Pieters voorzag dat de reorganisatie van de Openbare Werken nog een behoorlijk lastige klus zou worden. Hij vroeg mij toen of ik hier niet mijn afstudeerproject van wilde maken. Ik heb dat toen als afstudeerproject opgepakt en kreeg na afloop de vraag om al mijn plannen ook daadwerkelijk in te voeren.

3. WERKEN IN DE PRAKTIJK

3.1. WERKEN BIJ DE DIENST VAN OPENBARE WERKEN TE CURAÇAO

Naast de normale taken die een Dienst Gemeentewerken hier in Nederland heeft, beschikt de Dienst van Openbare Werken op Curaçao ook over een eigen materieeldienst voor het onderhoud van wegen. Ook beschikt ze over een eigen werkplaats voor het onderhoud van dit materieel. Daarnaast behoren ook de jaarlijkse keuring van auto's en van stoomtoestellen en de centrale inkoop van alle overheidsgoederen tot het takenpakket van de Dienst van Openbare Werken op Curaçao. Binnen het begrotingsstelsel van het eilandgebied, werd en wordt zij beschouwd als bedrijf, hetgeen inhoudt dat ze moet zien om kostendekkend te draaien. Toen ik begon, was er een begrotingstekort van ruim 5 miljoen gulden. Ik heb mijn best gedaan om met een betere stroomlijning, met het invoeren van tijdschrijven en met het opkrikken van tarieven die al meer dan twintig jaar niet verhoogd waren, dit drastisch naar beneden te krijgen. Het is grotendeels gelukt, maar toch niet helemaal omdat de verantwoordelijke politici bepaalde noodzakelijke tariefsverhogingen uiteindelijk niet aandurfd.

Naast dit soort meer bedrijfskundig georiënteerde verbeteringsprocessen hield ik me ook bezig met het transparanter maken van het aanbestedingsproces en met projectontwikkeling. Het voert binnen het kader van dit afscheidscollege te ver om hier veel dieper op in te gaan. Ik zal een voorbeeld bespreken dat vanuit het perspectief van de vakgroep waarin ik de laatste zestien jaar werkzaam ben geweest – Construction Management & Engineering – wellicht als illustratie de moeite waard is.

De casus van het transparanter maken van het aanbestedingsproces.

Geheel in de ban van de econoom Milton Friedman (1980) initieerden Ronald Reagan en Margareth Thatcher in de jaren '80 een scala van maatregelen om de rol van de overheid terug te dringen. Ook in Nederland kwam er een privatiseringsgolf en een markt-tenzij-beleid tot stand waarvan we vandaag de dag nog de (soms zure) vruchten mogen plukken. De denkwijze van Friedman gaat alleen op in een perfecte markt met vele aanbieders. De Curaçaose wegenbouw was in de tijd dat ik er zat echter te kenmerken als een oligopolie. Er waren slechts twee wegenbouwers:

De *Curaçaoose Wegenbouwmaatschappij* (een dochteronderneming van Jansen en de Jong uit Nederland) en *De Antillen* (een dochter van KWS, ook uit Nederland). Ofschoon dat officieel verboden is, lijkt het vrij voor de hand liggend dat wanneer je maar met z'n tweeën bent, om dan vooraf met elkaar af te spreken wie ditmaal de opdracht mag uitvoeren. Als opdrachtgever, konden we met dit uitgangspunt onder bepaalde condities echter best wel leven. Wanneer een van de twee aanbieders namelijk steeds de opdrachten zou winnen, blijf je als opdrachtgever uiteindelijk zitten met maar één aanbieder. En die heeft dan de luxe om zich vervolgens als monopolist te gaan gedragen. Om er zeker van te zijn dat de prijs niet onnodig opgedreven werd, werkten we na de aanbesteding met een open begroting. In de onderhandeling over de begroting konden we bij een te hoge prijs dreigen dat de Dienst van Openbare Werken het project dan met haar eigen materieel zelf zou uitvoeren. Maar je staat toch relatief zwak, omdat je immers het werk hebt aanbesteed. Voor de versterking van onze positie als opdrachtgever, vroeg ik daarom aan het ministerie van Economische zaken op Curaçao om voortaan jaarlijks, via een algemene maatregel van bestuur, een maximum prijs voor asfalt en voor steenslag vast te stellen, net als zij dit al deden voor de levensmiddelen in de supermarkten. Een bijzonderheid om in dit verband te vermelden is dat de aandelen van de asfaltcentrale in handen waren van beide wegenbouwers. Je komt hiermee in een monopolistische marktsituatie met alle prijsrisico's van dien. Nadat het ministerie van Economische zaken akkoord ging met mijn verzoek, hoefden we het bij een prijsonderhandeling niet meer over de hoogte van de materiaalprijzen te hebben, die lagen immers vast. Daarnaast hadden we als Openbare Werken zogenoemde *Tijdschrijvers* in dienst die dagelijks de productie van de wegenbouwers bijhielden. In de Angelsaksische wereld zijn *quantity surveyors* een vrij normaal verschijnsel. Met deze voor zowel aanbieder als opdrachtgever transparante wijze van aanbesteden zorgden we ervoor dat je als overheid niet werd getild, maar dat ook de aannemer verzekerd werd van een schappelijke vergoeding. Het was een oplossing die goed bleek te werken in een markt met weinig aanbieders. Voorwaarde is wel dat je als opdrachtgever ook inhoudelijk deskundig bent.

Opkomst van de PC en de FAX in de jaren '80

In het begin van de jaren '80 werden computers zoals die van Atari, de MAC en de personal computer van IBM die werd geleverd met het MS-DOS systeem van Microsoft immens populair. In 1943 had Thomas Watson,

voorzitter van de Raad van Bestuur van IBM nog gezegd dat er wereldwijd een marktbehoefte zou zijn voor vijf computers. Een bekende uitspraak in 1977 van Ken Olsen, oprichter en voorzitter van de Raad van Bestuur van Digital Equipment Corporation (DEC), was dat hij zich niet kon voorstellen dat er ook maar iemand was, die thuis een computer zou willen hebben. Omdat Bill Gates in zijn contract met IBM wist te bedingen dat Microsoft haar software ook aan derden mocht verkopen, kwamen er van de IBM-PC ook talrijke klonen op de markt. Het onderling kunnen uitwisselen van floppy's, in de innovatieliteratuur *direct externality* genoemd, is de belangrijkste reden geweest dat de veel gebruikersvriendelijker MAC het in de concurrentiestrijd om de gunst van de consument heeft moeten afleggen tegen MS-DOS. Onder liefhebbers van de MAC werd MS-DOS als synoniem voor MS-DOS gebruikt. Al snel deden de personal computers ook hun intrede op kantoren. Een belangrijke, andere innovatie was de introductie van de FAX, waarmee je snel over en weer documenten kon opsturen. Voor het bijhouden van nieuwe ontwikkelingen, was je op Curaçao toch vooral aangewezen op een erg beperkt aanbod aan relevante vaktijdschriften en boeken. Na vijf jaar bij de Dienst Openbare Werken kreeg ik meer en meer het gevoel dat ik met mijn kennis nog te veel teerde op de kennis die ik indertijd in Delft had opgedaan. Ik wilde mijn horizon dan ook verder verbreden. De mogelijkheid hiertoe deed zich voor bij de Rijksgebouwendienst in Nederland, waar ik in 1986 een aanstelling kreeg als hoofd Organisatie & Efficiency bij de directie Gelderland, Overijssel en Flevoland van de Rijksgebouwendienst.

3.2. WERKEN BIJ DE RIJKSGEBOUWENDIENST

Bij de Rijksgebouwendienst (RGD) werkten indertijd zo'n 1000 man met een jaarlijkse budget van één miljard gulden voor de nieuwbouw en het onderhoud van rijksgebouwen. Een belangrijke uitdaging in die jaren voor de RGD was om de prognose van de te verwachten uitgaven aan de honderden projecten in voorbereiding en uitvoering en de feitelijke uitgaven aan deze projecten beter op elkaar afgestemd te krijgen. Het vervroegen dan wel het vertragen van de aanvang van een grootschalig project en het versneld dan wel het vertraagd uitvoeren van een grootschalig project hebben direct een enorm effect op de mogelijke overschrijding dan wel de onderschrijding van de beschikbare financiën van de dienst. Een belangrijke taakstelling waar ik in die tijd een bijdrage aan heb mogen leveren was het

ontwikkelen van een beter systeem van kosten- en tijdbeheersing, niet alleen op het niveau van de individuele projecten, maar ook voor het projectenportfolio als geheel. Daarnaast hebben we voor de directie Gelderland, Overijssel en Gelderland gewerkt aan het verder professionaliseren van de wijze van projectmanagement. Projectleiders kregen meer verantwoordelijkheden en hierbij passende financiële bevoegdheden. Dit betekende niet alleen dat hiërarchieke, operationele en functionele verantwoordelijkheden in detail moesten worden uitgewerkt en uitgeschreven, maar de beoogde projectleiders moesten zich hier ook naar gaan gedragen. Ook voerden we toen het systeem van *earned value projectmanagement* in die projectleiders in staat stelt om de realisatie van projectresultaten, de voortgang in tijd en in kosten met elkaar in verband te brengen. En op basis hiervan ook te anticiperen op de risico's van een mogelijke uitloop in tijd of in kosten.

De jaren '80 was ook de periode van grote bezuinigingen door de overheid. Politici maakten in de verkiezingstijd goede sier met de stelling dat het werk gedaan kon worden met minder ambtenaren. Zodoende ontstonden na de verkiezingen de zogenoemde *afslankingsoperaties*. Het is nu bijna niet meer voor te stellen, maar men werd in de gelegenheid gesteld om al vanaf je 55e met een goede vertrekregeling vervroegd met pensioen te gaan! Het heeft geleid tot een enorme *braindrain* van technische knowhow, niet alleen bij de Rijksgebouwendienst, maar ook bij Rijkswaterstaat en gemeentelijke organisaties. Veel collega's die gebruikmaakten van de vertrekregeling, gingen vervolgens werken bij ingenieursbureaus of begonnen zelf een bureau waarna de Rijksgebouwendienst ze tegen een duidelijk hoger uur-tarief weer kon inhuren. Deze politieke logica van bezuinigen resulteerde weliswaar in minder ambtenaren maar leidde wel tot hogere uitgaven op de begroting. Tot op de dag van vandaag zijn de gevolgen van dit beleid merkbaar.

4. DE TU/E: EEN FOCUS OP HET NEMEN VAN RISICO'S IN INNOVATIEPROJECTEN

Mijn overstap naar de academische wereld, zou je een late roeping kunnen noemen. Het werd veroorzaakt door een bijzonder aansprekende personeelsadvertentie in het NRC die mij op het lijf geschreven was. De faculteit Technische Bedrijfskunde van de TU Eindhoven was op zoek naar versterking met senioradviseurs en andere ervaren deskundigen uit het bedrijfsleven of de overheid en met een uitgesproken wetenschappelijke belangstelling. Het ging om expertise in vakgebieden zoals logistiek, projectmanagement, innovatie, industrial engineering en reorganisatie-vraagstukken. Ik werd aangenomen en – met de kennis van nu – moet ik zeggen dat ik geluk heb gehad. De universiteiten van toen stonden open voor de inzet van de in het bedrijfsleven opgebouwde kennis en ervaring. Vandaag de dag lijkt de toegang voor professionals uit de praktijk die nog niet gepromoveerd zijn, hermetisch afgesloten. Universiteiten willen graag hun kennis valoriseren naar de praktijk, maar dat er ook een omgekeerde weg mogelijk is, lijkt men vergeten te zijn.

Zoals te doen gebruikelijk, kreeg ik zowel een onderwijstaak als een onderzoektaak. Mijn onderwijs bestond uit het verzorgen van het vak Projectmanagement. Dat heb ik jarenlang gegeven met collega en later goede vriend ir. Leon Kroep. Wat onderzoek betreft, dacht ik aan onderzoek in de bouw, want daar had ik immers jarenlange ervaring in opgebouwd. De toenmalige decaan prof. ir. Constant Botter, waar ik indertijd ook mijn afstemmingsrelatie mee had, vond dat geen goed plan. De faculteit Bouwkunde had net een slechte onderzoeksvisite gehad en volgens Botter was er een reële kans dat de faculteit Bouwkunde opgeheven zou gaan worden¹. Hij stelde mij daarom voor om onderzoek te gaan doen op het gebied van innovatie in de industrie.

Op zich sprak het advies van Constant Botter mij wel aan. Het aantal onderzoekers in Nederland op het gebied van innovatie was in die tijd

¹ Terzijde mag wel opgemerkt worden dat de faculteit Bouwkunde in Eindhoven nog steeds bestaat en dat de kwaliteit van het onderzoek bij de laatste onderzoeksvisite als excellent is beoordeeld.

nog op twee handen te tellen. Het was ook internationaal nog een redelijk onontgonnen onderzoeksveld. Ik stond er open voor om wat nieuws op te pakken, maar wilde wel dat mijn onderzoek relevant zou zijn voor de praktijk. Ik heb dat opgelost door het voeren van diverse gesprekken met directeuren in het bedrijfsleven die verantwoordelijk waren op het gebied van innovatie. In Eindhoven heb je het dan al snel over bedrijven zoals Philips, DAF, Stork en ASML. Tijdens deze gesprekken stelde ik ook altijd één voor mij toen relevante vraag: "Waar lig je nou 's avonds wakker van?". Het antwoord van een groot aantal van de directeuren was: "Het managen van de risico's in mijn innovatieprojecten. Om te innoveren móét ik risico's nemen, anders innoveer ik niet. Maar als ik teveel risico's neem, mislukt mijn innovatieproject. Wat is een acceptabel niveau van risico in een innovatieproject?". Deze paradox sprak mij aan. Uit wetenschappelijk onderzoek werd mij duidelijk dat een op de drie innovatieprojecten mislukte in de markt en dat de helft van het aan productinnovatie gependeerde geld ging naar de mislukte projecten. Tegelijk bleek uit andere wetenschappelijke publicaties van onderzoekers die de factoren naar het slagen of falen van productinnovatieprojecten onderzochten dat het grotendeels ging en nog steeds gaat om beheersbare factoren. Met andere woorden: je kunt wat doen om het falen te voorkomen! Maar de vraag is dan: "Hoe?" Een mooi onderwerp voor een promotieonderzoek, waar ik dan ook met heel veel plezier aan heb gewerkt. Het begrip risico, zo bleek mij in deze oriënterende fase, kom je in verschillende wetenschappelijke disciplines tegen. Maar elke keer vanuit een ander perspectief:

4.1. MIJN ONDERZOEK NAAR INNOVATIE EN RISICO'S IN INNOVATIEPROJECTEN

Het begrip risico, kom je in verschillende disciplines tegen:

- In de gezondheidswetenschappen, onder andere bij het doen van epidemisch onderzoek naar gezondheidsrisico's
- In de psychologie, waar men onderscheid maakt tussen objectieve versus cognitieve risico's
- In de economie, bij investeringsvraagstukken, waar er een kans bestaat op een negatief maar ook op een positief resultaat
- In de veiligheidskunde, bij het afwegen van toelaatbaar geachte risico's zoals bijvoorbeeld bij het al dan niet verstevigen of ophogen van een dijk
- In de verzekeringskunde, bij het vaststellen van de door ons te betalen premies

- In de wiskunde, bij het ontwikkelen van methodieken ter kwantificering van risico's
- En in de bedrijfskunde, waar men een onderscheid maakt tussen het korte termijn versus het lange termijn succes van een onderneming of van een innovatieproject.

Objectieve versus cognitieve risico's

Bij het inschatten van de mogelijke innovatierisico's, speelt het eerder gemaakte onderscheid tussen objectieve versus cognitieve risico's, ofwel de risicoperceptie een zeer belangrijke rol. Dat geldt voor de organisatie die fiat moet geven voor het realiseren van het innovatieproject en het geld moet alloceren, voor het innovatieteam dat het innovatieproject wil gaan ontwikkelen, maar net zo goed ook voor de potentiële afnemers van de gerealiseerde innovatie. Belangrijk dus om te weten wat hierover zoal bekend is binnen de psychologie.

Zo is bijvoorbeeld bekend dat mensen vliegen vaak als gevaarlijker ervaren dan autorijden, terwijl als je naar de objectieve data kijkt, vliegen veiliger is dan autorijden. Uit statistische gegevens uitgebracht door de *National Highway Traffic Safety Administration* in de USA blijkt dat er in 2015 in de Verenigde Staten maar liefst 35.000 doden vielen ten gevolge van auto-ongelukken en nul (0) doden ten gevolge van vliegtuigongelukken. Je hebt in de Verenigde Staten een kans van 1:114 om te overlijden als gevolg van een auto-ongeluk en 1: 9821 ten gevolge van een vliegtuigongeluk.

In tegenstelling tot wat veel mensen denken, is het buitenshuis ook veiliger dan in huis. Zo bedroeg in 2016 in Nederland het aantal verkeersdoden 629. In hetzelfde jaar overleden echter 3.653 doden in Nederland ten gevolge van valpartijen in huis (NRC, 2018). Met andere woorden: er vallen in Nederland ruim vijf maal zoveel doden in huis dan in het verkeer. En in Japan overlijden per jaar 19.000 mensen door verdrinking in de badkuip en in de Verenigde Staten overlijdt tenminste één persoon per dag in een badkuip of het bubbelbad. Ze hebben in Japan en in de Verenigde Staten veel hogere badkuipen dan in Nederland. Met de nodige wijntjes op in combinatie met het gebruik van drugs is het daar veel moeilijker om in dronken staat je het vege lijf uit de badkuip te redden.

De kans dat u of ik kan komen te overlijden ten gevolge van een terroristische aanval is 1: 9.300.000. Toch denken mensen: buiten is het levensgevaarlijk, want met al die terroristen kan je elk moment op elke plaats worden getroffen. Als mensen thuis zijn, denken ze: ha fijn, veilig thuis. Een volstreekte misvatting dus als je naar de cijfers kijkt!

Wat zou nu de verklaring kunnen zijn dat onze subjectieve beleving van risico's zo afwijkt van de berekende objectieve risico's? Ik geef er een zevental (zie o.a. Halman, 2008):

- Uit onderzoek van Paul Slovic (1987) weten we dat mensen het overlijden aan een door hen niet te beïnvloeden catastrofe, zoals in het geval van een kernramp of een terroristische aanval, veel meer vrezen dan het overlijden ten gevolge van een door hen wel te beïnvloeden oorzaak, zoals het overlijden door een fietsongeluk of door roken.
- In zijn recent verschenen boek *Factfulness* legt Hans Rosling (2018) uit dat ons brein vooral reageert op grote afwijkingen van het normale. En dan bij uitstek op afwijkingen die negatief zijn. Dit hielp ons vroeger om bij gevaar te kunnen overleven, maar nu leidt het onder meer tot een medialandschap waarin journalisten vooral schrijven over wat afwijkend en extreem is. Het schrijven hierover draagt bij tot grotere krantenoplagen.
- Kahneman kreeg in 2002 de Nobelprijs in de economie voor de door hem en Tversky in de jaren '70 ontwikkelde *prospect theory* (Tversky overleed in 1996). Uit het onderzoek van Tversky en Kahneman (1986) blijkt dat individuen bij het inschatten van een risico sterk beïnvloed worden door de wijze waarop dit risico is omschreven (ook wel *Risk framing* genoemd). Een omschrijving zoals: "7% van de patiënten die een behandeling ondergaat, overlijdt binnen 5 jaar" leidt tot een geheel andere risicoperceptie dan wanneer deze wordt omschreven als: "93% van de patiënten zal de 5 jaar overleven". Uit het onderzoek van Kahneman en Tversky blijkt verder dat mensen de neiging hebben om kleine risico's te overschatten terwijl relatief grote risico's worden onderschat.
- Aangezien besluitvorming over risico's doorgaans in groepsverband plaatsvindt, is het van belang dat men zich ervan bewust is dat groepsprocessen duidelijke invloed kunnen hebben op de kwaliteit van de besluitvorming. Een van de meest uitvoerig onderzochte onderwerpen in de literatuur over besluitvorming in groepsverband is volgens Bazerman (1994) de ontdekking dat groepen een afwijkend gedrag vertonen tot het nemen van risico's dan men op basis van de afzonderlijke groepsleden zou verwachten. In sommige gevallen is er sprake van een 'risky shift' (de groep heeft dan een grotere geneigdheid tot het nemen van risico's), maar in andere gevallen is er juist weer sprake van een meer behoudende neiging.

- Een ander bekend effect van de besluitvorming in groepen is wat door Janis (1972) is getypeerd als *groupthink*. Bij groepen waarvan de leden reeds langere tijd met elkaar samenwerken, ontstaat er een neiging tot pover onderbouwde besluitvorming. Door een groeiende sociale druk en een neiging om conflicten te voorkomen, neemt de wil om alternatieven voor te stellen af en worden tegenstrijdige meningen onderdrukt; men zoekt naar mogelijkheden om tot overeenstemming te komen.
- Incompetente mensen hebben de neiging hun eigen kunnen te overschatten, terwijl mensen met veel kennis van zaken over een specifiek onderwerp juist de neiging hebben om hun kennis op dit gebied te onderschatten. In de psychologische literatuur wordt dit het Dunning-Kruger effect (Kruger en Dunning, 1999) genoemd naar de auteurs die hier als eersten over publiceerden. In een van de risico-diagnoses die ir. Fred Kappendijk van Philips in het verleden uitvoerde op basis van de Risicodiagnosemethode RDM, nam hij ook een vraagkolom op waarin de respondenten voor elk risico-item moesten scoren hoe zeker ze waren over hun score. Na afloop bleek dat de managers met eigenlijk slechts een globale kennis van zaken er veel zekerder van waren dat ze het bij het rechte eind hadden dan de echte deskundigen. In die tijd wist ik nog wel niet dat dit in de psychologie later het Dunning-Kruger effect zou gaan heten!
- Er bestaat in het bedrijfsleven en helaas ook steeds meer op universiteiten, een zekere voorliefde voor regels, procedures, protocollen en *manuals*. Door Weggeman (1997) ook wel de collectieve certificering- en accreditatiegekte genoemd. Het kost allemaal heel erg veel tijd, zowel voor de opstellers als degenen die zich er vervolgens aan dienen te houden, zonder dat het veel bijdraagt. Het werkt bovendien belemmerend op vernieuwing en innovatie. Nu blijkt uit onderzoek van o.a. Dekker (2003) dat er een behoorlijke kloof bestaat tussen de procedure en de praktijk. Het onderschrijft ook een van de stellingen in mijn proefschrift van indertijd dat "Stiptheidsacties bij bedrijven met een NEN-ISO kwaliteitscertificaat aantonen dat taakbeschrijvingen en werkprocedures maar in zeer beperkte mate de organisatie beschrijven". Weggeman (1997) merkt in zijn oratie vilein op dat "de set *checklists* en *standard operating procedures* waaraan een verkeersvlieger zich moet houden voor de bijzondere situaties, waarin de vooraf bedachte verzameling regels niet voorziet, de letterlijke levensbelangrijke instructie bevat *Fly the aircraft*." Het is een gegeven dat wij een grondige hekel hebben aan procedures en voorschriften, dat wij er ons daarom ook niet

aan houden, zelfs wanneer ons eigen leven op het spel staat. Zo bleek na de noodlanding van de airbus van US Airways in de Hudson bay in 2009. Werkelijk niemand droeg een zwemvest! Toch leggen stewardessen bij elke vlucht die we maken, nog altijd plichtsgetrouw uit, dat in een noodgeval waarbij we het vliegtuig moeten verlaten, we het zwemvest aan moeten doen. Deze uitleg vindt veelal plaats terwijl niemand naar de stewardess kijkt ...

Een categorisering van risico's

Indertijd heb ik mijn proefschrift, risico's in een viertal categorieën ingedeeld, afhankelijk van de frequentie van voorkomen en de wijze van besluitvorming (zie ook figuur 1). Wanneer een risico zich frequent voordoet, kun je hier statistiek op los laten. Wanneer dit niet het geval is, dan heb je niet zoveel aan statistiek en zal je de mate van waarschijnlijkheid moeten baseren op een logische afleiding vanuit de eigenschappen van het systeem en alle relevante ter zake doende data moeten meewegen. Bij de besluitvorming kun je onderscheid maken tussen beïnvloedbare en niet-beïnvloedbare risico's. Bij de niet-beïnvloedbare risico's heb je niet de mogelijkheid om terug te komen op een eerder genomen besluit. Het besluit is "onherroepelijk". Bij de wel-beïnvloedbare risico's is dit wel het mogelijk.

<i>Risico's</i>	Statistische data zijn inzetbaar	Statistische data zijn niet inzetbaar
Niet beïnvloedbaar	<u>Objectief meetbaar</u> Voorbeeld: Aantal vorstdagen in Nederland	<u>Subjectief beoordeelbaar</u> Voorbeeld: Kopen van een aandeel
Wel beïnvloedbaar	<u>Objectief meetbaar</u> Voorbeeld: SPC in procesindustrie	<u>Subjectief beoordeelbaar</u> Voorbeeld: Innovatieproject

Figuur 1: Een categorisering van risico's (Halman, 1994)

Een voorbeeld van een "frequent voorkomend" verschijnsel waarvoor een "onherroepelijk besluit" genomen moet worden is het door de aannemer in de begroting op te nemen aantal vorstverletdagen. Bij het vaststellen van het aantal op te nemen vorstverletdagen in zijn begroting kan de aannemer terug vallen op de verzamelde statistische data uit het verleden over het weer in Nederland. Het KNMI bestaat al sinds 1854 toen het werd opgericht

door Buys Ballot. De aannemer kan het aantal te verwachten vorstverletdagen overnemen, maar hij kan ook kiezen voor een hoger aantal vorstverletdagen (wanneer hij verwacht dat het in tegenstelling tot de voorgaande jaren wel een strenge winter zal worden) of juist voor een lager aantal vorstverletdagen (wanneer hij bijvoorbeeld verwacht dat met de opwarming van de aarde ook het aantal vorstdagen lager zal uitvallen). Nadat hij de aannemersbegroting heeft ingediend, kan hij niet meer op zijn gemaakte keuze terugkomen. Een ander voorbeeld is dat van Russian roulette. Je hebt bij het overhalen van de trekker van het pistool een kans van een op de zes om heel rijk te worden, maar het kan ook zijn dat je overlijdt. De genomen beslissing is ook in dit geval onherroepelijk.

Een voorbeeld in de categorie “frequent voorkomend” en “dynamische besluitvorming” zijn de kwaliteitscontroles in de procesindustrie. Wanneer bierflesjes met enige frequentie steeds van de lopende band afvallen kan met SPC (*Statistic Process Control*) de oorzaak hiervan worden afgeleid en kan men maatregelen nemen om dit in het vervolg te voorkomen.

In de categorie “Niet-frequent voorkomend” en “niet-beïnvloedbaar” kan het kopen van een aandeel dienen als voorbeeld. Het is immers nog dagelijks op de sterreclame te horen: “Successen uit het verleden zijn geen garantie voor de toekomst”. Wat de potentiële koper van een aandeel wél kan doen is het verzamelen van relevante gegevens zoals het laatste jaarverslag van de onderneming waarin hij wil investeren en hierin nagaan de gerapporteerde financiële gegevens zoals de solvabiliteit, de liquiditeit en de vermogenspositie. Hij kan ook nagaan wat de concurrentiepositie is van de onderneming en hoe het innovatieportfolio van de beoogde onderneming eruit ziet met binnenkort te verwachten nieuwe producten. Wanneer alles positief is kan hij besluiten tot de aankoop van het aandeel. Maar eenmaal gekocht, is de koers van het aandeel door hem niet te beïnvloeden, het blijft een gok die goed, maar mogelijk ook slecht voor hem zal uitpakken.

In de laatste categorie “Niet-frequent voorkomend” en “wel-beïnvloedbaar” vallen de innovatieprojecten. Na ieder project is de wereld een beetje veranderd. En elk project is weer anders. Dit maakt het moeilijk om hier statistiek op los te laten. Wel kunnen we ons afvragen aan welke andere projecten een nieuw project ons doet denken. En wat in die andere projecten belangrijke risico’s waren en hoe men deze al dan niet heeft

weten op te lossen. Wat deze categorie onderscheidend maakt ten opzichte van de andere drie categorieën, zijn de factor tijd en de factor beïnvloedbaarheid. Voor de bovenste twee categorieën in figuur 1 geldt dat het risico door de betrokken actoren niet beïnvloedbaar is. En onderscheidend met de categorie met het voorbeeld van de bierflesjes, is dat je proactief in de tijd kunt handelen. Je hebt met andere woorden de tijd om na te denken over de mogelijke risico's die het succes van een innovatieproject in de weg kunnen staan en je kunt op basis hiervan een plan van aanpak ontwikkelen hoe hier effectief mee om te gaan.

Risico's in innovatieprojecten

In lijn met het voorgaande, wordt een projectrisico bepaald door (Halman, 1994):

- de risicogebeurtenis:
Wat kan er exact ten nadele van het project gebeuren?
- de risicokans:
Hoe waarschijnlijk is het dat de gebeurtenis zich voordoet?
- het belang dat er op het spel staat:
Welke schade kan er ontstaan ten gevolge van de risicogebeurtenis?
- de beïnvloedbaarheid:
In welke mate worden de risicogebeurtenis en de mogelijke schade beïnvloedbaar geacht?

Ervan uitgaande dat de elementen in een innovatieproject waar men eerder al ervaring mee heeft opgebouwd, kunnen worden beheerst, zal de focus bij het identificeren van de mogelijke innovatierisico's vooral kunnen komen te liggen op de nieuwe elementen in het project.

Een projectinnovatierisico wordt dan gedefinieerd als:

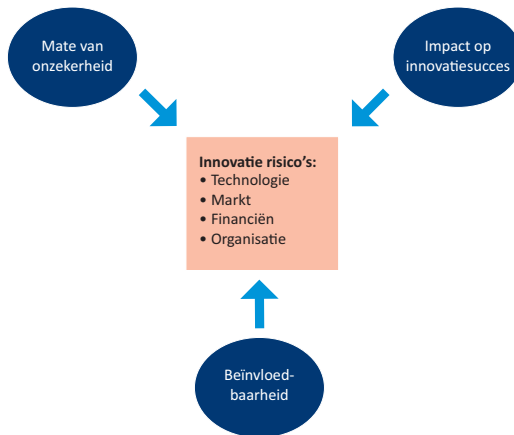
De kans dat de kloof tussen de enerzijds opgebouwde kennis en kunde van de organisatie en de vereiste kennis en kunde voor (een bepaald onderdeel van) het innovatieproject, niet binnen de beschikbare tijd en middelen kan worden overbrugd, met een negatief effect op het slagen van het project.

Een risico in een innovatieproject is dus groter naarmate:

- onzekerder is of er een geschikte oplossing voor handen is
- onzekerder is of de oplossing gevonden kan worden binnen de gestelde doorlooptijd en middelen van het innovatieproject
- het vinden van een geschikte oplossing cruciaal is voor het slagen van het project.

Bij het diagnosticeren van de potentiële innovatierisico's, zijn er een viertal domeinen van belang om in hun onderlinge samenhang te analyseren (zie ook figuur 2):

- Technologie: hierbij valt te denken aan factoren zoals het concept van het product of de dienst, de productietechnologie en de patentpositie.
- Markt: acceptatie door zowel de directe afnemer als de klanten van de afnemer, de maatschappelijke acceptatie van het nieuwe product of de dienst en de mogelijk van concurrenten te verwachten tegenacties.
- Financiën: de commerciële haalbaarheid van de beoogde innovatie.
- Organisatie: de interne organisatie, het innovatieteam, de externe partners, de supply chain en beoogde distributiekanaalen.



Figuur 2: Risicoaspecten en risicodimensies in innovatieprojecten

De ontwikkeling van de Riscodiagnosemethode RDM (Halman, 1994) heeft in een serie ontwikkelende gevalstudies in nauwe samenspraak met de innovatieteams plaatsgevonden. Hierbij hebben de inzichten vanuit de literatuur over het slagen en falen van innovatieprojecten, de literatuur over projectmanagement en risicomangement en de inzichten uit de organisatiepsychologie over het gedrag van individuen en van groepen als basis gediend voor het ontwerp van de methode. We hebben al ontwikkelend, diverse risicodiagnoses voor innovatieprojecten binnen Philips Electronics en Philips Lighting uitgevoerd. Hierbij te denken aan innovatieprojecten zoals het 80 Flat-Square project, als eerste belangrijke stap op weg naar HDTV; de halogeenlamp en de beamerlamp. Ik zeg "we" omdat mijn

collega en later goede vriend dr. Jimme Keizer als *partner in science* vanaf het begin heeft meegedaan. Uiteindelijk is de methodiek binnen Philips Lighting ingevoerd om toegepast te worden voor complexe innovatieprojecten. Op zich een mooi succes, maar als onderzoeker had ik wel een probleem, want is de methode ook toepasbaar buiten Philips? Dit betreft de reikwijdte van de methode. En: kan de methode ook door anderen worden toegepast? Dit betreft de overdraagbaarheid van de methode.

Beide vragen zijn opgelost door de methode door verschillende afstudeerders binnen diverse bedrijven te laten toepassen. Hierbij te denken aan bedrijven zoals Vredestein autobanden, vliegtuigbedrijf Fokker-Aircraft voor het NH90 helikopterproject, Lips in Drunen voor de ontwikkeling van een contraroterende propeller en Stork Color Proofing systems. Dit verplichtte mij om de methode tot in detail uit te schrijven en van de afstudeerders kreeg ik waardevolle feedback over noodzakelijke adaptaties die ze hadden moeten uitvoeren door vanuit een andere bedrijfscontext te moeten werken. Al itererend is er zo een uitontwikkelde methode ontstaan die ik op vrijdag de 13^e juni in 1994 met dertien stellingen heb verdedigd. Met als dertiende stelling dat het risico van het getal dertien in de praktijk zwaar wordt overschat ...

In de week dat ik bezig was met de voorbereiding van de verdediging van mijn proefschrift, kreeg bij NOVA (indertijd met Maartje van Weegen en Paul Witteman) het OMO Power product van Unilever elke avond ruimschoots aandacht. Procter & Gamble had namelijk ontdekt dat bij het gebruik van Omo Power bij een hoge wastemperatuur, je kleren eraan gingen. Het was een heel gesteggel, maar nadat testen uitgevoerd door TNO de claim van Product & Gamble bevestigden, werd Omo Power uit de markt gehaald. Unilever besloot van Omo Power te leren door voortaan systematischer naar potentiële risico's in hun innovatieprojecten te gaan kijken. Unilever had haar huiswerk goed gedaan, want de week na mijn promotie kregen we een uitnodiging van dr. Ashok Ganguly (in die tijd lid van de Raad van Bestuur van Unilever met als aandachtsgebieden Technologie en Strategie). De afspraak resulteerde in een opdracht voor de begeleiding van de integratie van risicomanagement in innovatieprojecten. Begonnen werd met het uitvoeren van risicodiagnoses voor acht van Unilevers doorbraakprojecten die toen in een stadium van ontwikkeling waren. Hierbij valt te denken aan producten zoals Becel Pro-Activ, Organics Shampoo, een nieuw type tandpasta gebaseerd op soda, een nieuw wasmiddel en een product dat een vrouw in staat stelt op geheel natuurlijke

wijze vast te stellen of ze op dat moment vruchtbaar is. Het apparaat heeft een rood lichtje en een groen lichtje: rood, betekent "Geen seks vanavond" en groen "Feel free!". Het was voor mij een bijzonder leerzame periode. Innovatieteams van Unilever werken verspreid over de wereld. Het onderzoek en de ontwikkeling vond in die tijd plaats in Port Sunlight of Colworth in de UK, in Edgewater in New York of in Vlaardingen in Nederland. Dit samen met alliantiepartners die bijvoorbeeld in Palo Alto in Californië werkten. Het uiteindelijk product kon dan bijvoorbeeld weer bestemd zijn voor de Braziliaanse markt. Wanneer een deel van zo'n innovatieteam naar bed ging, stond een ander deel alweer op. Daarnaast moet men ook effectief omgaan met de cultuurverschillen binnen de diverse innovatieteams.

De evaluaties over de uitgevoerde risicodiagnoses binnen Unilever waren erg positief. Om de RDM breed bekend te maken binnen de organisatie werd er zelfs een kleine documentaire over gemaakt die tijdens *projectmanager lock-away-days* (zeg maar reflectiedagen voor projectmanagers) werd vertoond.

Unilever besloot om de RDM-methode wereldwijd binnen haar organisatie in te voeren. Maar dat was voor ons een te grote klus om naast je normale werk aan de universiteit uit te voeren. We hebben toen een cursus ontwikkeld om de RDM methode over te dragen aan dertig senior professionals binnen Unilever.

Na de ontwikkeling en implementatie van de RDM in de jaren '90 binnen Philips Lighting en Unilever en de toepassing van de RDM binnen industriële organisaties zoals Fokker Aircraft, Vredestein autobanden, Stork en Lips in Drunen, is de methode ook binnen dienstverlenende organisaties zoals ziekenhuizen en zelfs bij reorganisatietrajecten toegepast. Voor startende ondernemingen is de *Kaufmann foundation* in de Verenigde Staten de methode gaan toepassen. In 2006 heeft de medische faculteit in Maastricht de RDM geadopteerd om risico's in lopende onderzoeksprojecten in kaart te brengen; In 2011 is de methode geadopteerd door TNO-Bouw, en vond de methode ook toepassing voor strafzaken binnen het Functioneel parket van het ministerie van Justitie. Dit op initiatief van drs. Arjan Meijer (2011), één van mijn afstudeerders die naast zijn baan bij het Functioneel parket, ook de executive master Risicomanagement volgde. In 2013 heeft de methode ook ingang gevonden in China, bij Shaanxi in Xi'an, tijdens de ontwikkeling van een nieuw productplatform voor zware vrachtwagens. Dit bedrijf met 40.000 medewerkers heeft een heel sterke ambitie

om wereldleider te worden in zware vrachtwagens. Aangezien ik de Chinese taal niet machtig ben, kon ik de interviews met het ontwikkelteam moeilijk zelf doen. Ze boden mij hierop een tolk aan. Maar dat zou naar mijn idee enorm ten koste gaan van de kwaliteit van de interviews. Ik heb toen 10 promovendi die in die periode werkzaam waren aan de universiteit in Xi'an getraind in het toepassen van de RDM. Mijn rol bij de uitvoering is toen vooral die van procesbegeleider van de promovendi geweest.

4.2. DOCEREN EN ONTWERPEN VAN ONDERWIJS AAN DE TU IN EINDHOVEN

Naast mijn taak als onderzoeker heb ik aan de TU in Eindhoven ook een onderwijstaak gehad. In het reguliere curriculum van de opleiding Technische Bedrijfskunde was dat het begeleiden van afstudeerders en het geven van onderwijs in de vakken Projectmanagement en Innovatiemanagement.

Ik heb echter ook gewerkt aan het ontwerpen van nieuwe onderwijsprogramma's, wat ik erg leuk werk vind om te doen moet ik bekennen. Zo heb ik op verzoek van de decaan van de faculteit Technische Bedrijfskunde een 600 uur programma *Technisch Management* samengesteld dat op geheel vrijwillige basis door studenten van de andere technische faculteiten gevolgd kon worden. Dit naast hun eigen opleiding, dus niet als minor, maar als extra studielast. Het programma met een apart certificaat Technisch Management, werd erg populair. Ik heb het onlangs nagevraagd bij Sylvia Floris die de onderwijsadministratie al die jaren heeft bijgehouden, in totaal hebben meer dan 1000 studenten dit certificaat gehaald.

Op initiatief van prof. dr. ir. Thijs Bax, indertijd decaan van de faculteit Bouwkunde, heb ik samen met dr. ir. Mathijs Prins van de faculteit Bouwkunde in 1995 een tweejarige postinitiële ontwerpersopleiding *Architectural Design Management Systems* ADMS ontworpen. Deze PDEng opleiding heeft in haar oorspronkelijke opzet ruim twintig jaar bestaan en is nu op basis van de huidige behoeften getransformeerd tot de PDEng opleiding *Smart Buildings & Cities*.

Op verzoek van de Academie voor Management uit Groningen, heb ik prof. dr. ir. Mathieu Weggeman in 1998 mogen assisteren bij het ontwerp van de Leergang *Strategische Productontwikkeling* bestemd voor professionals uit

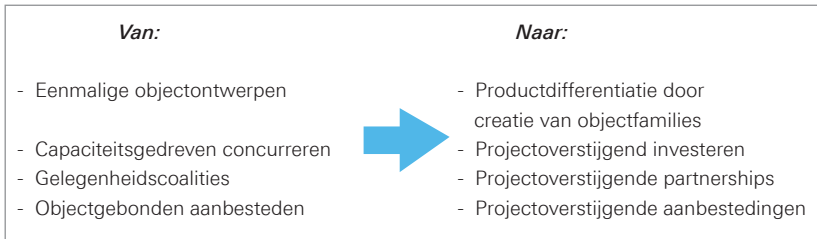
de praktijk. Weggeman en ik kregen samen het programmaleiderschap. Na mijn vertrek in 2001 naar de University of Washington in Seattle, is het programmaleiderschap van de leergang overgenomen door prof.dr.ir. Frans Kuijpers van de Rijksuniversiteit Groningen en na zijn emeritaat door prof. drs. Philip Wagner en ir. Roald Vandepoel. In de afgelopen twintig jaar is de inhoud van de leergang aan de hand van nieuwe inzichten en ontwikkelingen in de markt steeds vernieuwd en ook van naam veranderd. Tegenwoordig is de leergang bekend onder de beter passende naam van die van *Innovatie & Business development*. Ik ben nog steeds betrokken bij de leergang, nu als examinator wanneer de deelnemers hun visiedocument met new business propositie presenteren en verdedigen (voor het laatst in september jl. bij de examens van de deelnemers van alweer de 23e leergang). Ook als docent in de leergang ben ik nog steeds betrokken bij de leergang met een aantal dagdelen op het gebied van Innovatie en risicomanagement.

5. DE UNIVERSITEIT TWENTE: EEN FOCUS OP INNOVATIE EN RISICO'S IN DE BOUW/INFRA

Na mijn terugkeer van een sabbatical in 2001 van een half jaar aan de University of Washington in Seattle, zag ik in de zomer een advertentie van de Universiteit Twente voor een deeltijdleerstoel Innovatie in de bouw. De advertentie sprak mij aan, omdat het twee van mijn bijzondere interesses omvatte: innovatie en de bouw. Wat betreft de bouw zou het een terugkeer betekenen naar mijn oude roots. Bij de voorbereiding van deze afscheidsrede dook ik in de oude papieren en ontdekte tot mijn verrassing een coïncidentie. Mijn sollicitatiegesprek indertijd vond plaats op vrijdag de 19^e oktober, net zoals mijn afscheidsrede van vandaag plaatsvindt op vrijdag de 19^e oktober! Uiteindelijk ben ik op 1 april 2002 mijn loopbaan aan de Universiteit Twente gestart. Vanwege die startdatum van 1 april, heb ik in die tijd vaker moeten uitleggen dat mijn overstap naar de Universiteit Twente serieus bedoeld was en niet een 1 april grap ...

Toch heb ik - om eerlijk te zijn - na mijn aanstelling wel getwijfeld of ik er wel goed aan had gedaan. In 2002 startte namelijk ook de parlementaire enquête naar de bouwfraude en vroeg ik mij af: "Hoe krijg je nou in hemelsnaam die bouw innovatief?" Ik heb er in 2004 mijn oratie over gehouden.

Tijdens mijn oratie stelde ik dat je de bouw alleen innovatief kunt krijgen als de bouw stopt met het denken in individuele projecten en op een project-overstijgende manier leert denken en handelen (zie ook figuur 3). Ik stelde toen een viertal condities op om te kunnen komen tot innovaties in de bouw. De *4P's voor innovatie in de bouw en infra*. Deze zijn (Halman, 2004):



Figuur 3: De 4 P's voor het bewerkstelligen van innovatie in de bouw (Halman, 2004)

- *Projectoverstijgende investeringen.* Om de sector structureel te vernieuwen zullen bouwende partijen moeten zoeken naar mogelijkheden om de nadelige effecten van een locatiegebonden en projectgebonden wijze van ontwerpen en uitvoeren te overstijgen. Bouwende partijen zullen immers zeer huiverig zijn om te investeren in vernieuwingen indien de gemaakte kosten afgeschreven moeten worden op een enkel project.
- *Productdifferentiatie.* Het is noodzakelijk dat partijen in de bouw proactief leren inspelen uiteenlopende verwachtingen van verschillende opdrachtgevers en op nieuwe mogelijkheden die ontstaan door de veranderingen die zich voltrekken in de maatschappij. In essentie gaat het om de kunst om op kosteneffectieve wijze “variëteit via standaardisatie” te realiseren via productplatforms en een modulaire wijze van productontwikkeling zoals succesvol toegepast in de industrie.
- *Projectoverstijgende partnerships.* Cruciaal bij het ontwikkelen en uitvoeren van projectoverstijgende oplossingen is dat de deelnemende partijen zullen moeten zoeken naar structurele vormen van samenwerking in de keten die zich uitstrekt over een langer tijdsbestek dan een enkel bouwproject. Intense project-overstijgende samenwerking tussen ontwerpende, toeleverende en uitvoerende disciplines leidt tot een effectiever en efficiënter bouwproces en biedt ook een goede voedingsbodem voor innovaties.
- *Projectoverstijgende aanbestedingen.* Vanuit de grote opdrachtgevende partijen in de bouw en infra dienen innovatie stimulerende maatregelen genomen te worden die leiden tot projectoverstijgende vormen van samenwerking tussen partijen in de bouw. Deze partijen dienen ook hun wijze van aanbesteding zodanig aan te passen dat bouwpartijen gestimuleerd worden tot innoveren.

Deze 4P's voor innovatie in de bouw en infra, zoals ik die vijftien jaar terug opstelde als zijnde de belangrijkste condities om te komen tot innovaties in de bouw zijn voor zover ik dit kan overzien, nog altijd van kracht en lijken gelukkig ook steeds meer invulling te krijgen in de bouw.

5.1. ONDERZOEK NAAR INNOVATIE BINNEN DE VAKGROEP CONSTRUCTION MANAGEMENT & ENGINEERING

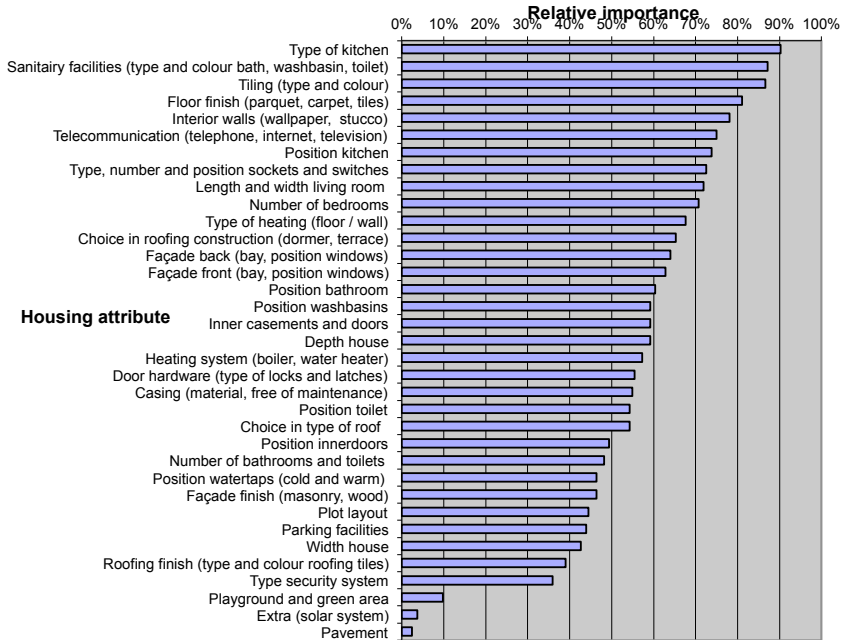
Samen met een belangrijk deel van de door mij begeleide promovendi en een zeer groot aantal afstudeerders, hebben we de afgelopen jaren hard gewerkt aan het onderzoeken van de mogelijkheden en onmogelijkheden tot innoveren in de bouw. Het is onmogelijk om in het korte tijdsbestek van dit afscheidscollege op al dit onderzoek in te gaan. Ik beperk me daarom noodgedwongen tot een beperkt aantal maar essentiële invalshoeken die we hebben onderzocht.

- *Modulair en platformgericht ontwerpen in de bouw en infra*

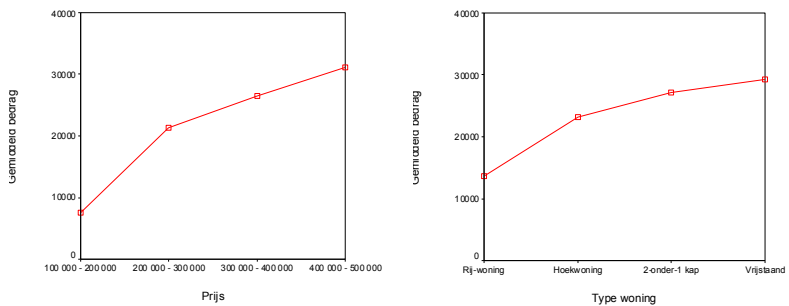
Een van de belangrijke uitdagingen in de bouw is de vraag: hoe op een kosteneffectieve wijze te komen tot een grotere mate van productdifferentiatie in projectoverstijgende vormen van samenwerking? Modulariteit en het creëren van productplatforms bieden hiertoe een uitweg.

Voordat je kunt beslissen welke modules je gaat ontwikkelen om als varianten aan te bieden en welke modules je gaat standaardiseren, zal je wel eerst in kaart moeten brengen wat de onderdelen zijn waar potentiële afnemers in ieder geval uit willen kunnen kiezen en idealiter bereid zijn hier ook meer voor te betalen (zie figuur 4). Dit betekent ook dat je de onderdelen waar de potentiële afnemer minder waarde aan hecht om uit te kunnen kiezen, kunt standaardiseren. Binnen het kader van zijn afstudeeronderzoek en later zijn promotieonderzoek heeft dr. ir. Erwin Hofman (2004; 2010) op basis van de vignettenmethode (Govers, 1993) en een cluster-algoritme van Saaty en Vargas (1982) een prioritering kunnen blootleggen van de voorkeuren van potentiële kopers binnen de woningbouw. Hij heeft ook ontdekt dat potentiële huizenkopers bereid zijn om 10 procent meer te betalen wanneer hun de mogelijkheid geboden wordt tot inspraak voor de onderdelen die hoog op hun prioriteitenlijst staan (zie figuur 5).

Hofman heeft ook uitgezocht hoe idealiter de samenwerking tussen de verschillende partijen bij deze vormen van modulaire ontwikkeling het beste kan worden vormgegeven.



Figuur 4: Het relatieve belang dat een woonconsument hecht aan inspraak (Hofman, Halman & Ion, 2006)



Figuur 5: Significante verschillen in gewenst te besteden bedrag aan inspraak bij nieuwbouw woningen (Hofman, 2004)

		MODULES											
		Core		Built-in		Extension			Finishes				
		Structure	Traffic space	Kitchen	Bathroom	(Bed)room	Extension living	Dormer	Bay window	Storage	Garage	Exterior	Interior
NL-SFB ELEMENT MAIN GROUPS	Sub-structure	Groundwork	•										
		Floor beds	•										
		Foundations	•										
		Pile foundations	•										
	Primary structure	External walls	•					•	•	•	•		
		Internal walls		•	•	•	•						
		Floors	•					•		•	•		
		Stairs and ramps		•									
	Secondary structure	Roofs						•	•	•	•	•	•
		External wall openings	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
		Internal wall openings		•	•	•	•						•
		Floor openings		•									
		Balustrades		•									
	Finishes	Roof openings					•		•				•
		External wall finishes											•
		Internal wall finishes											•
		Floor finishes											•
		Stair and ramp finishes											•
		Ceiling finishes											•
	Services (mechanical)	Roof finishes										•	
		Heat generation		•									
		Drainage		•	•	•		•	•	•	•	•	
		Water		•	•	•						•	
		Gases		•	•							•	
		Heat distribution			•	•	•				•		
		Ventilation/ air conditioning		•	•	•	•						
		Monitoring climate/ sanitary		•									
	Services (electrical)	Power		•									
		Lighting		•	•	•	•	•		•	•		
		Communication					•						
		Security											•
	Facilities	Food processing facilities			•								
		Sanitary facilities		•		•							

Table 1: Modulaire opbouw met elementen voor een woningconcept

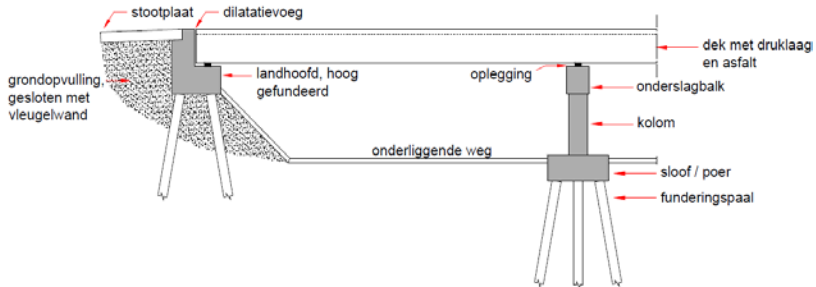
(Veenstra, 2005; Veenstra, Halman en Voordijk, 2006)

Ir. Vanessa Veenstra bouwde voort op de uitkomsten van het onderzoek van Erwin Hofman en ontwikkelde een methodiek waarmee bouwbedrijven kunnen komen tot een modulair ontwerp en vervolgens ook kunnen vaststellen welke onderdelen als standaard dan wel als keuzeoptie kunnen worden aangeboden. Zij heeft de methode vervolgens toegepast voor een nieuw te ontwikkelen woningconcept van het bouwbedrijf Van Wijnen. Zie ook tabel 1 voor de modulaire opbouw met elementen.

Het modulair ontwerpen van woningen heeft in het laatste decennium een grote vlucht genomen in Nederland. Een zeer groot aantal bouwers in Nederland heeft zich inmiddels het modulair ontwerpen van woningconcepten eigen gemaakt. Dit is ook mede te danken aan ir. Pieter Huijbregts met zijn in 2006 genomen initiatief tot het opzetten van het netwerk *Conceptueel bouwen* die de kennis en potentie van modulair en platformgericht ontwikkelen van bouwconcepten breed uitdragen in de Nederlandse bouwwereld.

Met enige regelmaat krijgen we als vakgroep ook bezoek uit het buitenland van wetenschappers en ook van professionals die zich verder willen laten informeren over de ins en outs van modulair ontwerpen en produceren in de bouw. Ik durf gerust te stellen dat Nederland samen met Japan op dit gebied de laatste jaren een positie van koploper heeft opgebouwd.

De reikwijdte van de toepassingsmogelijkheden van modulaire concepten en het creëren van productplatforms gaat echter natuurlijk veel verder dan alleen de woningbouw. Ir. Wouter Schepers heeft in zijn afstudeeronderzoek de mogelijkheden van modulaire objecten onderzocht voor de grond, weg en waterbouw. Zijn onderzoek is in 2012 ontstaan vanuit de verbazing dat voor elke spooronderdoorgang een geheel nieuw project wordt opgestart waarbij van functioneel ontwerp tot en met alle werktekeningen alles opnieuw wordt uitgedokterd. Op initiatief van ir. Hans Ramler van de BAM, heeft ir. Ancella Stout in 2016 een bijzonder uitgebreid en vergelijkbaar onderzoek uitgevoerd met het analyseren van de mogelijkheden tot modulair ontwerpen van viaducten (zie ook figuur 6).



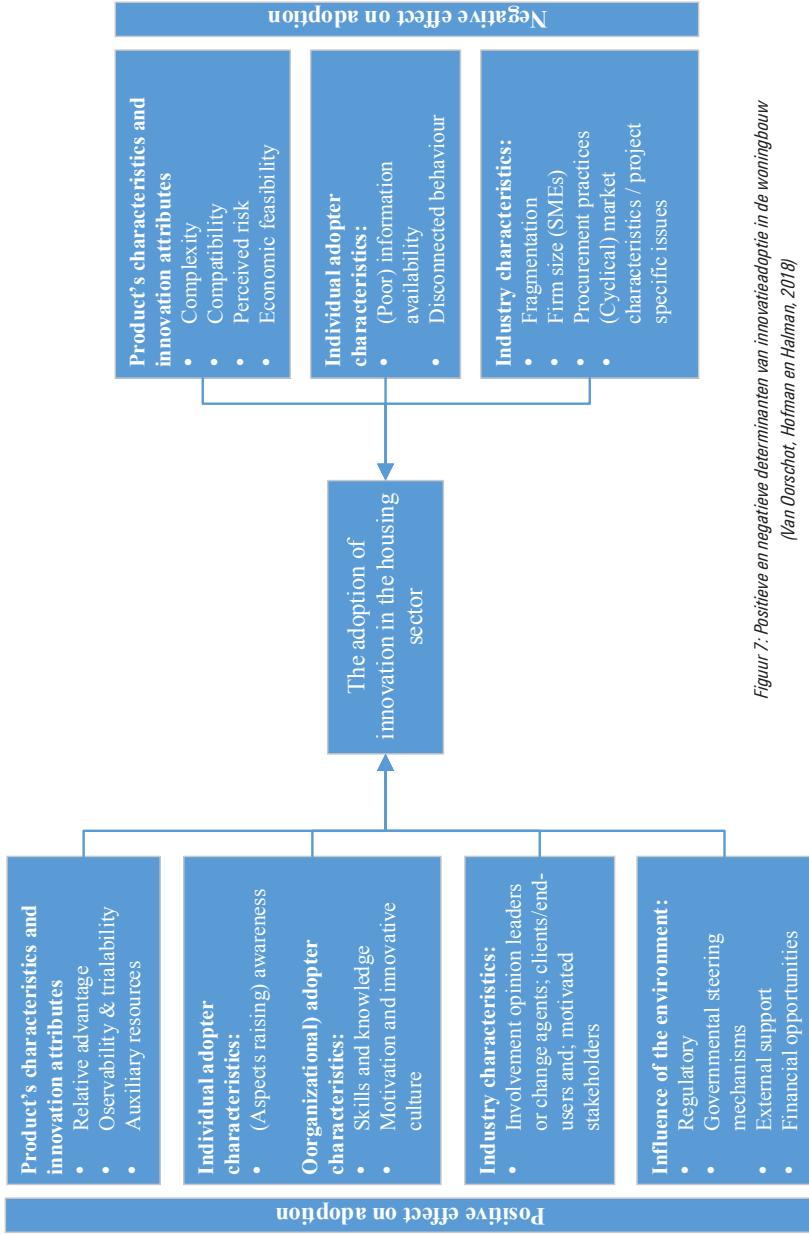
Figuur 6: Opbouw van een viaduct uit structurele componenten (Stout, 2016)

Toepassing van modulaire concepten levert duidelijke voordelen op in doorlooptijdverkorting en bouwkosten. Dit merkte ook het ministerie van Defensie. Thomas Boonen, Kapitein bij de Landmacht, rondde vorige maand bij ons zijn masteropleiding af met een onderzoek naar de integratie van systems engineering en modulair ontwerpen voor nieuw door Defensie in het buitenland op te zetten legerkampen. Zijn onderzoek wees uit dat met een combinatie van modulair ontwerpen en systems engineering een reductie in doorlooptijd mogelijk is met maar liefst 75 procent (Boonen, 2018)!

Ook voor de door de samenleving nagestreefde implementatie van circulariteit in de bouw en infra is het vanuit de uiteenlopende levenscycli van de gebruikte materialen gewenst dat de bouw delen modulair en niet geïntegreerd worden ontworpen. Het gaat er dan om dat de modules verplaatsbaar en herconfigureerbaar moeten zijn. Dit stelt ontwerpeisen aan de interfaces tussen de modules (Potemans, 2017). Vanuit de ontwerp-principes van verplaatsbaar en herconfigureerbaar, lopen er bij onze faculteit momenteel nog een drietal promotieonderzoeken met als thema design-to-disassembly. Ik beschouw ze als een belangrijke opmaat naar circulair bouwen.

- Adoptie van innovatie

De nog steeds per project wisselende samenstelling van met elkaar samenwerkende partijen in de bouw bemoeilijkt zoals bekend de uitwisseling van in projecten opgebouwde kennis en het doorlopen van een leercurve. Innovaties in de bouw lopen op deze wijze het gevaar niet te kunnen opschalen en hebben bijgevolg een ad-hoc-karakter. Kenmerkend voor deze



Figuur 7: Positieve en negatieve determinanten van innovatieadoptie in de woningbouw (Van Dorsschot, Holman en Halman, 2018)

wijze van organisatie zijn de neiging tot risicominimalisatie en optimalisatie op projectbasis (Den Hertog en Brouwer, 2001). Om inzicht te krijgen hoe deze negatieve spiraal te doorbreken, hebben we vanuit de leerstoel systematisch onderzoek gedaan naar de mogelijkheden tot adoptie van innovaties in de bouw. Promovendus ir. John van Oorschoot heeft uitgebreid onderzoek gedaan naar de factoren die een positief en de factoren die een negatief effect hebben op de mogelijke adoptie van innovaties in de woningbouw (zie ook figuur 7) .

Binnen dit kader heeft Maarten van den Berg (2013) een veldstudie verricht naar de introductie van nieuwe renovatieconcepten. Pieter Klok (2013) onderzocht de adoptie van nieuwe woningbouwconcepten en Rudolph Jauregui Becker (2017) deed onderzoek naar de adoptie van modulaire innovaties in de woningbouw.

Vanuit een gehele andere invalshoek heeft dr. ir. Martin van Staveren (2009) in zijn door prof. dr. ir. Joan van Aken en mij begeleide proefschrift de adoptie van procesinnovaties in de bouw onderzocht. Van Staveren heeft hierbij de voorwaarden en mogelijkheden tot het structureel implementeren van risicomangement binnen organisaties onderzocht door dit te definiëren als een potentieel innovatieadoptie probleem.

- De rol van de Overheid in het innovatieproces

In tegenstelling tot veel andere sectoren, speelt de overheid binnen de bouw en infra een dominante rol van betekenis. Zo is de overheid niet alleen de belangrijkste afnemer van infrastructurele werken, maar ook de financier. Ook als regelgever speelt de overheid een bepalende rol voor de infrastructuur. Aangezien de Infrastructuur een publiek goed is, draagt de overheid ook een zorgtaak voor wat betreft de veiligheid en het milieu. Dit alles leidt tot veel regels en vaak behoudende ontwerpen. Tegelijkertijd wenst de overheid binnen de infrastructuur een sturende en richtinggevende rol te vervullen in de transitie op het gebied van duurzaamheid, klimaatbestendigheid en circulariteit.

Dr. ir. Jasper Caerteling (2008) heeft in zijn promotieonderzoek, het effect van overheidshandelen op technische innovaties in de wegenbouw onderzocht. Zijn onderzoek laat zien dat de overheid over een breed palet aan instrumenten beschikt tot het bevorderen van innovatie zoals het subsidiëren van private ontwikkelingsprojecten, het promoten van specifieke technologie of het inkopen van nieuwe technologie. Alleen zijn deze instrumenten verspreid over verschillende ministeries en agent-

schappen en meerdere overheidslagen waarbij het veelal ontbreekt aan een gecoördineerde implementatie. Het belang van deze gecoördineerde implementatie wordt ook onderschreven in een vergelijkende studie over het innovatiebeleid van de overheid voor de bouw. Ir. Tom Coenen (2017) heeft in zijn afstudeerproject op mijn verzoek het innovatiebeleid voor de bouw zoals dat toegepast wordt in Denemarken, Zweden, Duitsland, Groot-Brittannië en Nederland vergeleken. Zijn onderzoek toont aan dat de gehanteerde beleidsinstrumenten nog teveel los van elkaar in plaats van in samenhang worden gehanteerd. Verder is het innovatiebeleid nog te eenzijdig gericht op het aanbodgericht stimuleren van innovatie terwijl er enorme kansen bestaan voor het vraaggericht stimuleren van innovatie. Naast beleidsmaker, is de overheid immers ook verreweg de belangrijkste afnemer van infrastructurele werken.

Een belangrijke mogelijkheid voor de overheid tot het vraaggericht stimuleren van innovatie is, om bij de aanbesteding van overheidswerken, bij de selectie extra punten toe te kennen voor productinnovatie en/of procesinnovatie. Nu wordt het woord innovatie vandaag de dag maar al te vaak volstrekt te onpas gebruikt. Een uitvinding is geen innovatie, een nieuw idee al helemaal niet en ook wetenschappelijk onderzoek is geen innovatie. Wil er van een innovatie sprake zijn, dan is het essentieel dat er naast de ontwikkeling van een nieuw product, proces of dienst ook een succesvolle implementatie heeft plaatsgevonden (Van de Ven & Angle, 1989). Om een kakofonische discussie over innovatie te voorkomen is het daarom van belang om bij een aanbesteding vooraf een heldere definitie van innovatie op te nemen. Dit dient dan verder te worden geconcretiseerd door de mate waarin sprake is van een innovatie (hierbij te denken aan gradaties zoals van incrementeel naar substantieel naar radicaal) en ook het schaalniveau van de innovatie (van component, naar module en naar het object als geheel) te preciseren en hier een puntenverdeling aan toe te kennen.

Ten behoeve van de aanbesteding van de Boekelose brug in Hengelo is deze meetlat voor innovatie door collega drs. ing. Hans Boes en mij ontwikkeld en in 2017 voor het eerst toegepast. Op basis van de meetlat bleken alle leden van de aanbestedingscommissie in staat om de innovaties in de diverse aanbiedingen te scoren. Na de aanbesteding heeft er een evaluatie plaatsgevonden, zowel met de opdrachtgever (in dit geval de gemeente Hengelo) en met alle aanbieders. De evaluatie van de ontwikkelde innovatiemeetlat bleek positief. Ik hoop daarom dat het gebruik van de meetlat verdere ingang zal gaan vinden in aanbestedingen, met name

voor situaties waarin het aanbieden van innovatieve oplossingen een belangrijk selectiecriteria zijn.

Het is gewenst om verder systematisch onderzoek te doen naar de mogelijkheden voor de overheid om via haar aanbestedingsbeleid innovaties in de bouw en infra te stimuleren. Binnen onze vakgroep doet ir. Bart Lenderink hiernaar promotieonderzoek. Wordt vervolgd dus!

Een bijzonder probleem met betrekking tot innovatie dient zich bij de overheid aan wanneer het gaat om het daadwerkelijk adopteren van innovaties. Zo blijkt uit een door drs. ing Hans Boes en mij begeleid afstudeeronderzoek dat is uitgevoerd door ir. Maurits Zeinstra (2017) bij de afdeling Grote Projecten en Onderhoud (GPO) – Bruggen en Viaducten van Rijkswaterstaat. Deze afdeling ontvangt regelmatig aanvragen van de markt om een door een marktpartij ontwikkelde innovatieve oplossing, die interessant zou kunnen zijn voor Rijkswaterstaat, te presenteren. Jammer genoeg blijken de voorgestelde uitvindingen vaak niet aan te sluiten bij de behoefte van GPO – Bruggen en Viaducten. Een betere afstemming tussen vraag en aanbod is in deze gewenst. Maar ook in gevallen wanneer een innovatie wél voorziet in een behoefte van Rijkswaterstaat, blijken er diverse belemmeringen te zijn die het implementeren van dergelijke innovaties bemoeilijken. Drie belangrijke barrières zijn:

- *Budget en capaciteit:* Omdat Rijkswaterstaat geen vraag heeft gesteld richting de markt heeft de organisatie ook geen budget gereserveerd voor het realiseren van iets waar niet om is gevraagd. Er ontbreekt met andere woorden een structureel budget voor aanbodgedreven innovaties;
- *Aanbestedingswetgeving:* De Aanbestedingswet 2012 is vraaggericht en voorziet niet direct in een aanbod gestuurde aanbesteding. Een op een aanbesteden is alleen tot een bepaalde drempel mogelijk;
- *Organisatie:* Alhoewel innovatie belangrijk wordt gevonden binnen Rijkswaterstaat, heeft met uitzondering van de afdeling Innovatie en Markt, geen enkele andere afdeling innovatie in haar takenpakket. De bereidheid om te innoveren komt dus niet voort vanuit het takenpakket, maar vanuit een persoonlijke ambitie van een medewerker. Dit leidt voor de betrokken medewerker vaak tot extra werk en een additionele investering in tijd en het vereist de moed om diverse interne hordes te nemen.

- *Organisatie van het proces van innovatie in de bouw*

Veel bedrijven in de bouw kampen met het probleem dat ze van het ene

project in het volgende project terechtkomen zonder dat ze aan hun eigen ontwikkelingsrichting veel sturing geven. Er is sprake van kortetermijndenken en er ontbreekt vaak een visie naar de toekomst. Om het eigen onderscheidend vermogen te vergroten is het echter belangrijk dat bedrijven zelf initiatieven ondernemen en tijdig anticiperen op toekomstige ontwikkelingen. De ontwikkeling van een innovatiestrategie vormt een eerste noodzakelijke stap hiertoe (Ng, 2004; Cooper, 2011). De te ontwikkelen innovatiestrategie maakt het noodzakelijk om eerst een lange termijn visie te ontwikkelen. Hiertoe dient de toekomstige bedrijfsomgeving in kaart te worden gebracht. In de bouwsector is dit van groot belang, omdat in deze sector door de dominantie van een beperkt aantal invloedrijke opdrachtgevers, marketpull een grote rol speelt. Bij market pull worden nieuwe producten en oplossingen gebaseerd op de vraag en eisen uit de markt. Dit heeft een vergrotend effect op onzekerheden die kunnen optreden in de bedrijfsomgeving. Het is van belang daarbij dat de strategie kan anticiperen op deze onzekerheden (Mintzberg et al., 1998).

Scenarioplanning is een waardevol hulpmiddel die het mogelijk maakt om te kunnen anticiperen op deze onzekerheden (Van der Heijden, 2005). Een scenariogedreven roadmap (Siebelink, 2013; Siebelink et al, 2016; Van der Heijden, 2015) kan helpen bij het ontwikkelen van een robuuste innovatiestrategie die bestand is tegen verschillende toekomstscenario's. Belangrijk is om de roadmap tussentijds te kunnen aanpassen wanneer zich nieuwe ontwikkelingen voordoen. Binnen het kader van zijn promotieonderzoek doet ir. Remco Siebelink PDEng onderzoek naar de mogelijkheden om de tot nu toe statische roadmap te transformeren tot een dynamische roadmap. Eigenlijk het ontwikkelen van een tomtom voor de innovatiestrategieontwikkeling.

Innovaties in de bouw ontstaan veelal vanuit een gezamenlijke inspanning van diverse partijen, die elk hun eigen specialisme hebben. Om dit innovatieproces te doen slagen, is het belangrijk om relevante bedrijven samen te brengen en middelen voor innovatie beschikbaar te krijgen.

Systeemintegratoren en *product champions* vervullen hierbij een belangrijke rol. Dr. ir. Maarten Rutten (2016) heeft in zijn proefschrift de rol die systeemintegratoren en product champions bij innovaties in de bouw spelen nader onderzocht. Hij heeft belangrijke factoren kunnen afleiden waar systeemintegratoren rekening mee dienen te houden bij het opzetten en uitvoeren van innovatieprojecten in de bouw. Daarnaast gaat zijn onderzoek in op de vraag hoe *product champions* in de bouw bedrijven zover kunnen krijgen dat ze middelen gaan investeren in gezamenlijke innovatieprojecten en deze

projecten tijdens de voortgang actief en enthousiast blijven promoten. Zeker in de kritieke fases van een innovatie-project vervullen product champions een speciale rol door het vertrouwen in de potentie van een innovatie te blijven benadrukken. Een keerzijde van dit gedrag kan ontstaan in de commercialisatiefase van het innovatieproject wanneer extra investeringen noodzakelijk zijn voor de opschaling en de adoptiesnelheid toch lager blijkt te zijn dan aanvankelijk door de *product champion* werd voorgespiegeld.

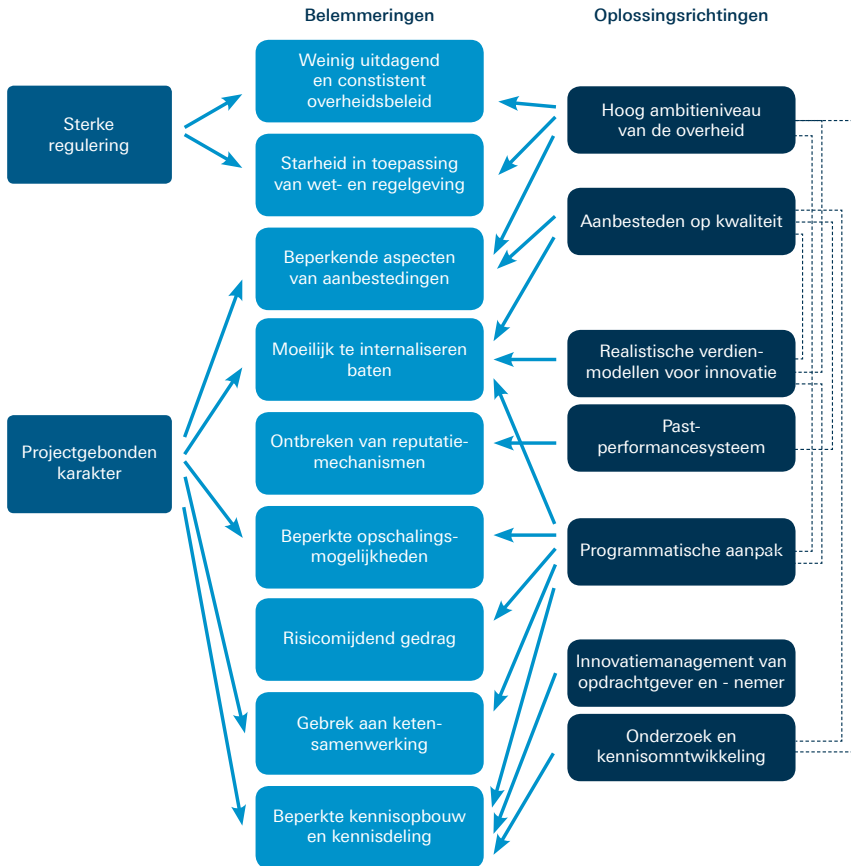
Tijdens een innovatieproject nemen de met elkaar samenwerkende partijen belangrijke beslissingen over de noodzakelijk te nemen gezamenlijke investeringen, de opzet en de wijze van samenwerking tijdens het innovatietraject maar ook over het latere business model en de verdeling van kosten en opbrengsten. Promovendus ir. Michiel Wolbers heeft binnen het kader van zijn onderzoek de effectiviteit van de besluitvorming bestudeerd rond het op gang brengen en realiseren van 11.000 nul-op-de-meter renovatieconcepten en zal naar verwachting komend jaar zijn proefschrift hierover verdedigen. Corporaties Portaal, Lefier, Woonwaard, Stadlander, Tiwos en Wonen Limburg en bouwbedrijven VolkerWessels, BAM, Ballast Nedam en Dura Vermeer namen in 2013 gezamenlijk het voortouw met een deal voor de eerste 11.000 woningen als opmaat naar nog eens 100.000 woningen. Inmiddels zijn er volop projecten in voorbereiding en uitvoering. Dagelijks leren deze partijen meer over de techniek van Nul-op-de-meter, het beter benaderen en informeren van bewoners en het verhogen van een kostenefficiënte wijze van productie.

Deze eerste 11.000 zijn van cruciaal belang geweest voor het doorlopen van de leercurve. Maar dit is dus slechts een eerste stap. Met verwijzing naar de vier eerder door mij geformuleerde P's voor innoveren in de bouw, is het noodzakelijk dat er structurele vormen van projectoverstijgende partnerships en projectoverstijgende investeringen plaats gaan vinden de komende jaren. Voor de woningbouw, is het belangrijk dat woningbouwcorporaties, aanbieders van woningconcepten en de industrie, een strategische alliantie met elkaar willen aangaan. Welnu, de sterren lijken gunstig te staan. In juli 2018, hebben zo'n vijftientig partijen uit de industrie besloten zo'n samenwerking te gaan verkennen. Voor de industrie zal zo'n samenwerking een continue, voorspelbare bouwstroom opleveren die zal bijdragen aan een optimale benutting van de productiecapaciteit. Dit kan ruimte bieden voor een constante openvolging van de zo nood-

zakelijke product- en procesinnovaties in de woningbouw. Innovaties, die afgestemd zijn op de behoefte c.q. de vraag van woningbouwcorporaties en van bewoners. Het initiatief heeft de werknaam De Bouwstroom gekregen. Aan Aedes, de Nederlandse vereniging van corporaties in de woningbouw en het Netwerk Conceptueel Bouwen is gevraagd om met een plan van aanpak voor 2019 en met een visie voor de periode tot en met 2025 te komen. Wordt vervolgd dus. Hopelijk met een positieve uitkomst!

Het EIB-UTwente onderzoek naar innovatie in de bouw

In opdracht van de paritaire organisaties in de bouw heb ik in 2016 het genoeg gehad om samen met Jelger Arnoldussen, Paul Groot en Rick Zwart van het EIB (Economisch Instituut voor de bouw) een onderzoek uit te voeren naar de belemmeringen voor innovatie in de bouw en naar mogelijke oplossingsrichtingen om deze belemmeringen weg te nemen (Arnoldussen et al, 2017).



*Figuur 8: Belemmeringen voor innovatie in de bouw en infra en bijbehorende oplossingsrichtingen
(Arnoldussen, Groot, Halman en Van Zwet, R. 2017)*

Het samen met het EIB uitgevoerde onderzoek is tot stand gekomen door een uitgebreide literatuurverkenning, het houden van 23 interviews met belangrijke actoren in de bouw en een viertal rondetafelsessies met afgevaardigden van opdrachtgevers, opdrachtnemers en andere stakeholders uit de bouwsector. Op basis van het onderzoek waren we in staat een negental belemmeringen vast te stellen waardoor innovatie in de bouw vaak moeilijk tot stand komt. Daarnaast hebben we zeven oplossingsrichtingen uitgewerkt hoe met deze belemmeringen effectief zou kunnen worden omgegaan (zie figuur 8).

De output van het door ons uitgevoerde onderzoek is als input gebruikt door *De Bouwagenda* (deze verkeerde in dezelfde periode als waarin wij het onderzoek uitvoerden, in een fase van oprichting). *De Bouwagenda* betreft een bijzonder samenwerkingsverband waarin alle gelederen van de bouwsector – de overheid, kennisinstellingen, markt en belangengroepen zijn vertegenwoordigd. Vanuit dit unieke samenwerkingsverband werkt men toe naar de realisatie van een ambitieus plan om de bouw in Nederland, duurzaam, klimaatbestendig en circulair te maken. Dit jaar zijn er al wat wapenfeiten te melden (zie o.a. www.debouwagenda.com):

- Overheid, bedrijfsleven, de technische universiteiten en de hogescholen hebben een intentieverklaring getekend voor het oprichten van een Bouw & Techniek Innovatie Centrum (BTIC). Het gaat om een klein bureau dat langjarige publiek-private onderzoeksprogramma's gaat coördineren. Deze programma's moeten de kennis en innovatie opleveren waarmee de bouwsector grote maatschappelijke opgaven kan oplossen;
- Een *Transitieagenda Circulaire Bouweconomie* om de gebouwde omgeving uiterlijk in 2050, maar liever veel eerder, om te vormen tot een circulair gebouwde omgeving;
- Vertegenwoordigers uit de bouwsector tekenden samen met het ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties een intentieverklaring dat de bouwsector een Nationaal Digitaliserings- & Informatiseringprogramma opstelt met sectorbrede afspraken over uitwisseling, eigenaarschap en organisatie van data en informatie. Dit programma is nodig om te komen tot een versnelde (digitale) samenhang van gebouwde objecten gedurende de gehele levenscyclus en voor een circulaire bouwsector.

5.2. ONDERZOEK NAAR RISICO'S IN DE BOUW VANUIT DE VAKGROEP CONSTRUCTION MANAGEMENT & ENGINEERING

Onderzoek op het gebied van innovatie en risico zijn eigenlijk de twee benen waar ik me in de afgelopen bijna dertig jaar in de wetenschap mee heb voortbewogen. Het zal daarom niet verbazen dat ik naast innovatie in de bouw, ook onderzoek heb gedaan en heb mogen begeleiden op het gebied van risico's en risicomangement in de bouw.

Bij het beheersen van risico's in de bouw denk je al snel aan de uitloop in tijd en geld van veel bouwprojecten. De recent opgeleverde Noord-Zuidlijn

in Amsterdam is wellicht een van de meest besproken voorbeelden van de laatste jaren van hoe bouwprojecten kunnen uitlopen in tijd en geld. In 2003 werd begonnen met de bouw, waarbij de oplevering stond gepland voor 2011. Het heeft uiteindelijk tweemaal langer geduurd dan aanvankelijk gepland. En het project heeft uiteindelijk 3,1 miljard gekost, meer dan drie keer dan aanvankelijk begroot. De commissie Veerman die in 2009 advies uitbracht over de doorstart rekende uit dat bij een afschrijvingstermijn van 100 jaar het project financieel gezien nog steeds in de min staat. Bent Flyvbjerg, hoogleraar aan de Oxford University in de UK, heeft uitgebreid onderzoek gedaan naar de uitloop in tijd en kosten van civieltechnische bouwprojecten. Uit zijn onderzoek kan je afleiden dat de Noord-Zuidlijn het qua uitloop in tijd en geld helemaal niet zo veel slechter doet dan vergelijkbare grote projecten in het buitenland. Zo kostte het Sydney Opera house in Australië bijna vijftien maal meer dan aanvankelijk begroot.

Op basis van zijn uitgebreide onderzoek komt Flyvbjerg (2005) tot een viertal hoofdverklaringen voor de uitloop in tijd en kosten. Deze zijn:

- *Economische*, aannemers leveren te strakke begrotingen in om het project binnen te halen
- *Psychologische*, overmatig optimisme ten aanzien van eigen competenties en het ontkennen van de complexiteit van het project
- *Politieke*, doelbewust foutieve of onvolledige informatie verstrekken
- *Technische*, de data en de modellen hebben hun tekortkomingen waardoor de verzamelde informatie onjuist is.

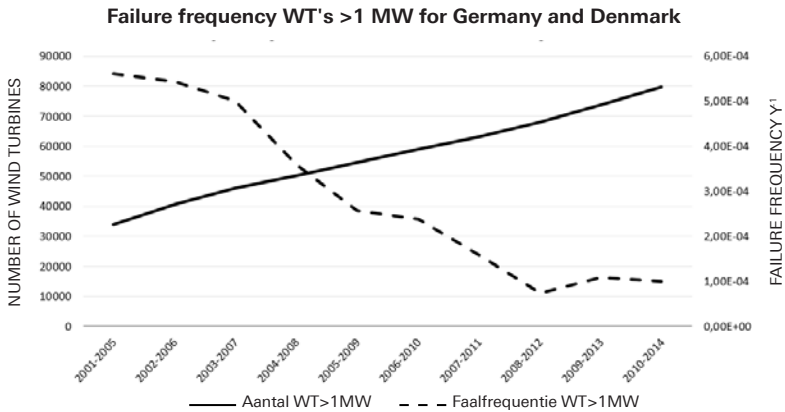
De vraag is nu of je met de kennis van deze hoofdverklaringen op zak, in staat zult zijn om toekomstige grote projecten wél te beheersen qua doorlooptijd en kosten. Flyvbjerg stelt voor om gebruik te maken van referentieklassen om zodoende een betere inschatting te kunnen maken van de te verwachten kosten. Deze methode wordt inmiddels zowel in Denemarken en in Groot-Brittannië toegepast.

Wat de economische hoofdverklaring betreft, denk ik dat je met een andere wijze van aanbesteden al een eind komt. Opdrachtgevers hebben vanuit een risicomijdende houding vaak de neiging om alle risico's af te schuiven op de aannemer. Beter zou het zijn om aan de aannemer alleen die risico's toe te wijzen die de aannemer in staat is te beïnvloeden. Wat de psychologische en de technische hoofdverklaringen betreft, zou het inschakelen van contra-expertise heel wat kunnen bijdragen om te komen tot een beter onderbouwde inschatting. Het beter beheersen van het politieke besluitvormingsproces is een stuk moeilijker omdat niet de ratio maar de emotie daar vaak de boventoon voert. We zullen dus in veel gevallen moeten leren

leven met een uitloop in tijd en geld. Voor bestuurders is het essentieel om zich daarom de vraag te stellen: vind ik bij een eventuele uitloop in tijd en geld, het project nog steeds gerechtvaardigd? En zo ja, waar ligt voor mij de grens bij een eventuele uitloop? De referentieklassen van Flyvbjerg kunnen dan dienstig zijn om te bepalen of de uitloop al dan niet valt binnen wat de bestuurder nog als acceptabel beschouwt.

Het beschouwen van risico's in bouwprojecten gaat natuurlijk verder dan alleen het willen beheersen van de mogelijke uitloop in tijd of kosten. Denk bijvoorbeeld aan het zekerstellen van de constructieve veiligheid in de gebruiksfase van het object. Hoe staat het bijvoorbeeld met de veiligheid van onze windturbines? Ir. Sander Brouwer deed hier onder begeleiding van dr. Saad Al-Jibouri en mij onderzoek naar (Brouwer, 2016). In Denemarken wordt veiligheidshalve voor windturbines een afstand van de gebouwde omgeving aangehouden van minimaal 500 meter. Dit voor het geval de draaiende wieken onverhoopt los mochten schieten. In Nederland staan ze bij Deventer pal langs de Rijksweg. Overigens blijkt dat voor wat betreft het aantal ongevallen, er ondanks een toenemend aantal windturbines, de laatste vijftien jaar sprake is van een duidelijk dalend patroon (zie figuur 9).

Cruciaal zijn ook de aannamen die een constructief ontwerper doet tijdens de ontwerpfase van een project. De aanvankelijk correcte aannamen kunnen in de loop van de tijd wijzigen. Denk bijvoorbeeld aan de aardbevingen in Groningen. In tegenstelling tot vroeger, dienen we bij het ontwerpen van gebouwen en infrastructuur in de provincie Groningen voortaan rekening te houden met het gevaar van aardbevingen. En dan zijn er de risico's verbonden aan achterstallig onderhoud en de niet-voorzien intensivering van het gebruik van het object zoals bij de instorting van de brug van Genua (zie voor verdere toelichting Wassink, 2018). Maar ook al tijdens de uitvoering kunnen er zich de nodige veiligheidsrisico's voordoen. Door assemblagefouten tijdens het uitvoeren stortte het dak van het Twentestadion hier in Enschede in met twee doden en enkele zwaar gewonden als gevolg.



*Figuur 9: Toenemende veiligheid windturbines bij een stijgend aantal windturbines
(Brouwer, Al-Jibouri, Chivatá Cárdenas & Halman, 2018)*

Ten gevolge van het veranderende klimaat zullen zich de komende jaren ook met hogere frequentie extreme weersomstandigheden voordoen. Hiermee lopen we een vergroot risico op de uitval van voor onze economie kritieke infrastructuur. Het falen in het functioneren van het ene systeem kan bovendien weer leiden tot het uitvallen van andere kritieke systemen. Denk hierbij bijvoorbeeld aan het uitvallen van onze energievoorziening, ICT/ telecommunicatie, transportsystemen zoals trein, metro, wegen en pijpleidingen. Ir. Margarita Tsavdaroglou (2018) heeft afgelopen jaar onder begeleiding van ir. Thomas Bles van Deltares, dr. Saad Al-Jibouri van onze vakgroep en van mij een eerste methode ontwikkeld waarmee we in staat waren om een dergelijke cascadeanalyse uit te voeren voor het havengebied van Rotterdam.

Affected Critical Infra-structure	Vulnerable asset / operation	Exposure to hazard		Susceptible elements	Susceptibility factors	Time to recover
		1000 years	10.000 years			
<i>Roads</i>	A15 in Botlek	A15 is flooded at multiple locations, in total around 2 km with 0.2 - 0.8 m water depth, locally deeper	A15 is flooded at multiple locations, in total around 3 km with 0.2 - 2.0 m water depth, locally deeper	Road embankments and foundation, electrical installations and systems, underpasses, vehicle traffic	Asset elevation, slope of embankments, local soil conditions, height of embankments	It depends on the extent of the damage. If A15 is seriously damaged, and entire sections of the road collapse, it might take 3-4 months. If only local damage, 2 weeks to 1 month.
<i>Inland Waterways</i>	Waterways in the Port area, vessel traffic	Waterways in the Port area	Waterways in the Port area	Vessel traffic	Open connection to the sea, area near to the coast	3 days
<i>Port Infra-structure</i>	Port infrastructure in Botlek	Around 35% of the area is flooded, water depth in the largest part between 0.2 - 0.8 m	Around 45% of the area is flooded, water depth in the largest part between 0.8 - 2.0 m	Mainly distribution, petrochemical industry, intermodal transport, storage (breakbulk cargo)	Area elevation, assets elevation, type of asset	Some months to 1 year to remove the water and to repair damage to assets
<i>Mid & Low voltage network</i>	Mid & low voltage assets in Botlek	Around 35% of the area is flooded, water depth in the largest part between 0.2 - 0.8 m	Around 45% of the area is flooded, water depth in the largest part between 0.8 - 2.0 m	Transformer stations, Distribution stations, Street cabinets	Area elevation, assets elevation, type of asset	Weeks or even months
<i>Railways</i>	Betuwe route in Botlek	The rail track is flooded at multiple locations, in total around 2km with 0.2 - 0.8 m water depth, locally deeper	The rail track is flooded at multiple locations, in total around 3 km with 0.2 -2.0 m water depth, locally deeper	Track, train detection systems, signals, switches, power buildings, installations, underpasses, rail traffic	Area elevation, assets elevation, type of assets	It depends on the extent of the damage. If Betuwe route is heavily damaged and entire sections of the track collapse, it may take 3 -4 months. If only local damage, 2 weeks to 1 month.
<i>Pipelines</i>	Pipelines in Botlek	-	-	Pumps, valves, ICT control systems	-	3 days

Tabel 2. Kwetsbaarheid van kritieke infrastructuur in het Botlekgebied t.g.v. mogelijke kustoverstromingen (Tsavdaroglou, Al-Jibouri, Bles & Halman, 2018)

Methodologische problemen bij het uitvoeren van risicoanalyses

Mede door toedoen van de belangrijke opdrachtgevers in de bouw en infra in Nederland, heeft het inschatten van de risico's die verbonden zijn aan een bepaald bouwproject brede ingang gevonden. Het uitvoeren van zo'n risicoanalyse leidt veelal tot een grote waslijst met potentiële risicofactoren. De ernst van het risico wordt bepaald door eerst de kans op het zich voordoen van het risico in te schatten en deze kans vervolgens te vermenigvuldigen met de geschatte impact van het risico. Methodologisch doen zich met het volgen van deze aanpak een aantal problemen voor:

- Kans, maar van welke kans is men uitgegaan?

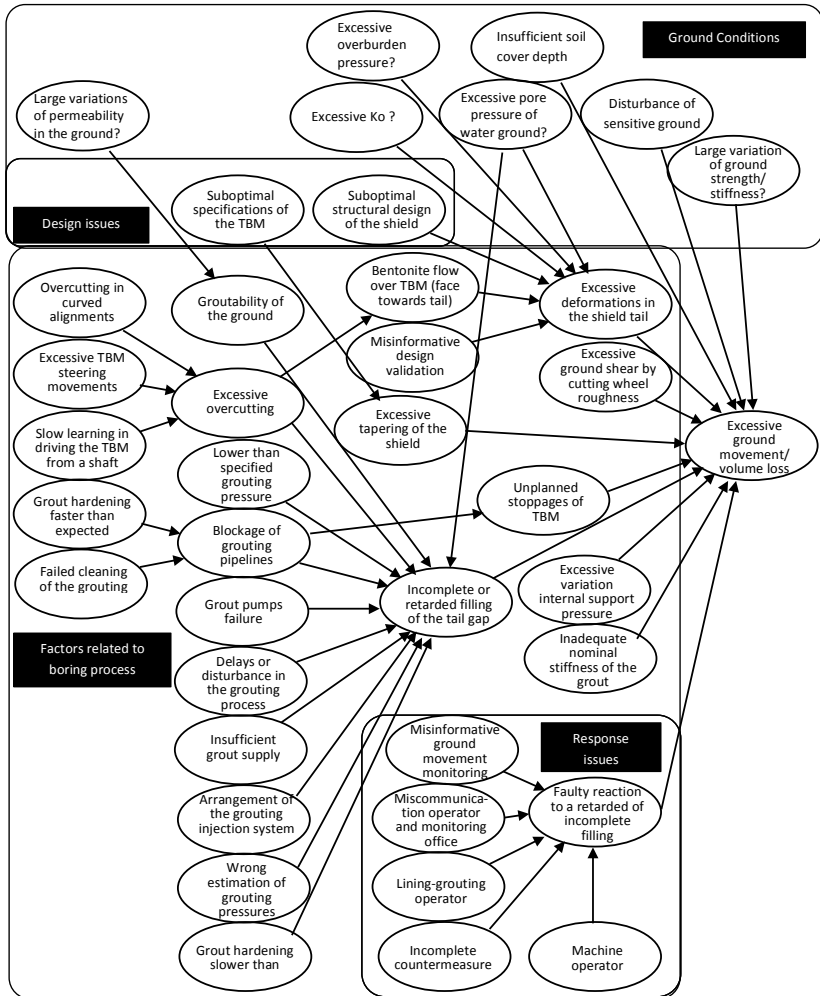
Risico kan worden voorgesteld als een procesketen van oorzaak, blootstelling en schadelijk gevolg. Is men bij de kansberekening uitgegaan van de kans dat de oorzaak zich manifesteert? Of de kans dat door het zich voordoen van de oorzaak zich een risicogebeurtenis voordoet? Gaat het om de inschatting van de kansen van de mogelijke gevolgen vanwege de risicogebeurtenis? Of gaat het om een samengestelde kans van oorzaak, blootstelling en schadelijk gevolg? Het gehanteerde uitgangspunt blijkt vaak niet afleidbaar uit de documenten.

*- $Risico = Kans * Gevolg$*

Het definiëren van risico als een product van kans en gevolg, is nog altijd wijdverbreid in de Nederlandse bouwwereld. Deze manier van benaderen van risico's maakt risico's eenvoudig vergelijkbaar, maar het geeft een te simpele en daarmee onjuiste voorstelling van zaken van de werkelijkheid. Een risico met een kleine kans en een groot effect (bijvoorbeeld een tsunami) wordt op deze manier gelijkgesteld aan een risico met een grote kans en een klein effect (bijvoorbeeld een regenbui). Dit kan resulteren in het nemen van totaal verkeerde besluiten ten aanzien van risico's.

- Individuele risico's of samengestelde risico's?

Bij het hanteren van de waslijst met potentiële projectrisico's wordt er vaak onterecht van uitgegaan dat de geïdentificeerde risico's geen relatie met elkaar hebben. Het gebruik van Bayesian Belief networks kan helpen om de onderlinge verbanden en de bijbehorende kansverdelingen te modelleren waardoor er een veel betrouwbaarder beeld ontstaat van de met elkaar samenhangende risico's. In zijn door Saad Al-Jibouri en mij egeleide promotieonderzoek heeft dr. Ibsen Chivatá Cárdenas (2008) deze methode toegepast om voor een aantal cruciale hoofdrisico's die zich konden voordoen tijdens de bouw van het Sluiskiltunnelproject in Zeeland, het risico-netwerk in kaart te brengen en te berekenen (zie figuur 10).



Figuur 10: Toepassing Bayesian Belief Networks voor modellering onderlinge verbanden en bijbehorende kansverdelingen van risico's in het Sluiskil tunnelproject in Zeeland (Chivata Cárdenas, Al-Jibouri, Halman, Van de Linder en Kaalberg, 2014)

Naast risico's in de beheersing van bouwprojecten en risico's verband houdende met de objectieve veiligheid van gebouwen en infrastructuur, speelt ook de risicoafweging over het wel of niet investeren in onroerend goed.

Bij het nemen van investeringsbeslissingen in vastgoedontwikkelingsprojecten, worden immers grote financiële verplichtingen aangegaan. Dr. ir. Ellen Gehner (2008) deed onder begeleiding van prof. dr. ir. Hans de Jonge, dr. ir. Matthijs Prins en mijzelf promotieonderzoek naar de wijze waarop vastgoedorganisaties risico's aangaan bij het nemen van investeringsbeslissingen. In de projectmanagementliteratuur zijn tal van methoden en technieken van risicoanalyse en risicomangement voorhanden. Deze blijken echter bij vastgoedontwikkeling nauwelijks toegepast te worden. Toch blijkt dat vastgoedontwikkelingsorganisaties die meerdere vastgoedcycli hebben weten te overleven, expertise hebben opgebouwd om de risico's die inherent zijn aan vastgoedontwikkeling te managen. Belangrijk om in dit verband vast te stellen is ook dat niet alle risico's hoeven te worden uitgesloten; Er dient een gebalanceerde afweging te worden gemaakt tussen welke risico's acceptabel zijn en welke risico's beheerst moeten worden. Met andere woorden, risico's moeten weloverwogen worden aangegaan. Ellen Gehner ontdekte in haar onderzoek dat het hierbij gaat om het vinden van de juiste balans tussen:

- *Tijdigheid*, d.w.z. risico's worden proactief geadresseerd.
- *Rechtvaardiging*, d.w.z. het hanteren van heldere criteria bij het accepteren van risico's, ofwel het waarborgen van een vangnet, zoals een voorverhuurpercentage, het beschikken over een onherroepelijke bouwvergunning en het beschikken over een percentage externe financiering voordat met de bouw wordt begonnen.
- *Toerekenbaarheid*, dit betekent dat iemand de verantwoording moet en wil opnemen voor de beslissing om te investeren in een vastgoedontwikkelingsproject.

Het afleiden van beslissingsheuristieken bij het nemen van grote investeringsrisico's is ook in het promotieonderzoek van Sara Sarasvathy vastgesteld. Sarasvathy ontdekte bovendien een interessant verschijnsel, namelijk dat managers geheel andere beslissingscriteria hanteren dan ondernemers (Sarasvathy et al, 1998). Managers hanteren vooral de financiële methodieken zoals ROI (Return on investment) of NPV (Net Present Value) die ze tijdens hun MBA-opleiding hebben gehad, met als uitgangspunt dat alleen een "go" wordt gegeven bij een positieve uitkomst van de berekening. Succesvolle ondernemers daarentegen blijken zichzelf

bij het nemen van een belangrijke investeringsbeslissing twee voor hen essentiële vragen te stellen: “Geloof ik hier echt in?” En zo ja, “Indien het mislukt, besta ik dan nog als bedrijf?” Wanneer beide positief beantwoord worden zal de ondernemer besluiten tot het nemen van het investeringsrisico. Ook hier is, net als bij de door Ellen Gehner onderzochte ontwikkelingsprojecten, sprake van het waarborgen van een veilig vangnet.

5.3. INNOVEREN EN RISICO'S NEMEN IN DE BOUW: QUO VADIS?

Responsiviteit, de vaardigheid om snel en adequaat in te spelen op nieuwe omstandigheden, is een essentiële voorwaarde om als organisatie, maar ook als samenleving, te blijven voortbestaan. Conform het WRR rapport *Naar een lerende economie* (2013), valt responsiviteit uiteen in drie elementen. In de eerste plaats gaat het om veerkracht, tegenwoordig hier in Nederland ook vaak met de Engelse term *resiliency* geduid. Zijn we als bouw in staat om nieuwe schokken zoals bijvoorbeeld een economische crisis weer adequaat op te vangen? Ten tweede gaat het om het vermogen tot adaptatie. Is de bouw in staat om zich soepel aan te passen wanneer zich nieuwe omstandigheden voordoen? Beschikken we over voldoende ruimte om bij nieuwe omstandigheden hier snel en gericht nieuwe oplossingen voor te verkennen en te ontwikkelen? Tot slot gaat het om een *proactieve houding*: leren wij van onze fouten uit het verleden en zijn wij in staat om te anticiperen op problemen die zich in de toekomst zullen aandienen?

De totale beroepsbevolking in Nederland, zal vanaf 2020 in aantal afnemen met aanzienlijke gevolgen voor de al reeds bestaande krapte op de arbeidsmarkt. Voor de bouw wordt deze krapte naar verwachting nog schrijnender. Conform gegevens van het CBS, stroomden er sinds de bouwcrisis van 2008, 198.000 mensen uit de bouw, terwijl hier maar 98.000 voor terugkwamen. Willen wij aan de huidige en toekomstige markt vraag voldoen dan zal de productiviteit in de bouw drastisch dienen toe te nemen. Zie hier een enorme uitdaging tot verregaande industrialisatie en innovatie in de bouw. De noodzakelijkheid is om te industrialiseren en innoveren, daar zijn alle partijen in de bouw in Nederland zich zo langzamerhand wel van bewust. Deze ontwikkeling voltrekt zich niet alleen in Nederland, maar ook in het buitenland. Zo bracht het *World Economic Forum* (2016; 2017) recent een aantal rapporten uit onder het gemeenschappelijke thema *Shaping the*

future of construction waarin zij niet alleen de noodzakelijkheid van een transformatie in de bouw benadrukt, maar ook aangeeft langs welke wegen deze ontwikkelingen zich de komende jaren zullen voltrekken. Zo geeft het *World Economic Forum* een overzicht van de tien meest veelbelovende technische innovaties in de bouw en infra. Deze zijn respectievelijk:

1. *Prefabrication & Modular construction*. Dank zij modulair bouwen zijn er veel minder grondstoffen nodig dan voorheen en ook het bouwproces verloopt een stuk efficiënter dan wanneer er gebruikgemaakt wordt van traditionele bouwmethoden. Het maakt het ook mogelijk een grotere variëteit aan opties aan te bieden waaruit gekozen kan worden. Modulair ontwerpen maakt het mogelijk om verplaatsbaar en (her) configureerbaar te bouwen wat als een enorme stap voorwaarts kan worden beschouwd in ons streven tot circulair bouwen.
2. *Advanced building materials*. Denk hierbij aan bijvoorbeeld zelfherstellend beton door het toevoegen van "betonbacteriën" tijdens het mengen. Of het opnemen van PV in glasramen voor het verbeteren van de energiehuishouding van gebouwen of het opnemen van PV in openbare wegen.
3. *3D printing*. Het 3D printen van woningen, bruggen en andere civieltechnische objecten zoals duikers, kademuuren etc. heeft inmiddels haar ingang gevonden in de bouw. In vergelijking tot het traditionele bouwen maakt 3D printen het in principe mogelijk om objecten sneller, goedkoper en met meer vormvrijheid te produceren.
4. *Robotizing*. Vanwege de toenemende krapte op de arbeidsmarkt, zal robotisering ook in de bouw duidelijk aan importantie gaan winnen. Hierbij valt te denken aan volledig geautomatiseerde productielijnen waarmee 24/7 bijvoorbeeld dak of gevelelementen kunnen worden gefabriceerd.
5. *Augmented Reality* betekent letterlijk toegevoegde realiteit. Aan de realiteit, zoals wij de wereld zien, wordt virtuele technologie toegevoegd. Hierdoor raakt de echte en virtuele wereld met elkaar verstrengd, bijvoorbeeld door een virtueel gebouw te visualiseren op een lege kavel. Augmented Reality kan worden ingezet voor het optimaliseren van de uitvoering van werkzaamheden of om objecten die er nog niet zijn, te visualiseren voor opdrachtgevers.
6. *Big data & predictive analysis*. Predictive analysis maakt het mogelijk om op basis van big data toekomstige gebeurtenissen of gedrag van mensen te voorspellen. De kracht van predictive analytics is het vinden

van verbanden en patronen door het slim combineren van data. Op basis van sensoren en algoritmen die data omzetten in informatie kunnen we bijvoorbeeld de staat, de kwetsbaarheid en de resterende levensduur van bruggen veel beter gaan monitoren.

7. *Wireless monitoring & connected equipment*. Deze maken het mogelijk om op afstand de voortgang tijdens de uitvoering te volgen, of de onderhoudstoestand van objecten te bekijken, maar bijvoorbeeld ook op afstand zorgverlening toe te passen.
8. *Cloud & real time collaboration*. Deze maken het mogelijk dat ontwerpers, bouwbedrijven en toeleveranciers data met elkaar delen en tegelijkertijd en op verschillende locaties werken aan de verdere vormgeving en detaillering van gebouwen.
9. *3D scanning & photogrammetry*. Dit zijn nieuwe technieken waarmee we gebouwen, viaducten, bruggen etc. in kaart kunnen brengen. Complexe vormen – zoals gevelornamenten en specifieke details – kunnen op deze wijze met grote precisie 3D worden 'ingemeten'. In geval van een hoog gebouw kunnen drones die voorzien zijn van een camera, worden ingezet. Dit bespaart de inzet van bouwsteigers.
10. *Building Information Modelling*. BIM heeft al een hoge adoptiegraad in de Nederlandse bouwwereld. Het gaat om een digitaal model van een bestaande of nog te bouwen constructie. Naast de geometrie en positie van bijvoorbeeld een vloer of een wand, kan ook informatie worden toegevoegd zoals het te gebruiken materiaal, de kosten, de afmetingen van een sparing voor een raamkozijn en het verloop van leidingwerk. De objectgeoriënteerde informatie kan gekoppeld worden aan meerdere zaken zoals fasering, benodigde constructieve sterkte, specifieke aansluiting op omliggende objecten, enzovoort.

De problemen van een te krappe arbeidsmarkt en de hiertoe noodzakelijke stijging van onze arbeidsproductiviteit kunnen we verlichten door het succesvol implementeren van de tien genoemde technische innovaties. Echter, door de gevolgen van de klimaatverandering, de aankomende schaarste aan fossiele brandstoffen en de te verwachten schaarste aan belangrijke grondstoffen zoals gallium (voor zonnecellen en ledlampen), indium (voor zonnepanelen en lcd-schermen), germanium (voor glasvezels en elektronische apparatuur), neodymium (voor windturbines en elektromotoren) en platinum (o.a. voor pacemakers), wordt onze samenleving voor zodanige uitdagingen gesteld dat het implementeren van de tien genoemde technische innovaties - hoewel belangrijk - onvoldoende zal blijken te zijn.

Deze uitdagingen zullen het maximum vergen van onze responsiviteit. Zo beschikt Europa helaas niet over de genoemde belangrijke grondstoffen. Rob de Wijk (2012), hoogleraar internationale betrekkingen aan de Universiteit Leiden, stelt in zijn boek "5 over 12", dat Europa in de toekomst niet meer zeker zal zijn van de import van deze kritische grondstoffen. De schaarste aan deze grondstoffen wordt niet alleen veroorzaakt door de beperkte beschikbaarheid in de bodem, maar ook doordat herkomstlanden zoals China, doelbewust de export beperken en zo de prijs opdrijven. China doet dit, met het oog op eigen gebruik maar ook als politiek drukmiddel en bouwt hiermee een monopoliepositie op. Hoewel aan de erg late kant, is er op het niveau van de EU, beleid gestart dat gericht is op het inkopen en het hergebruik van deze zeldzame grondstoffen (zie o.a. EU, 2017). Want het moge duidelijk zijn, voor duurzame energie in Europa, is het beschikken over deze grondstoffen voor alsnog cruciaal.

Van de bouw zal de komende jaren verwacht worden dat deze gaat komen met passende oplossingen voor de noodzakelijke transitie naar een duurzame, klimaatbestendige en circulaire gebouwde omgeving. Dit betekent dat we op zoek moeten gaan naar nieuwe verdienmodellen die niet een deel, maar de gehele levenscyclus van gebouwen of de infrastructuur omvatten. Dit kan bijvoorbeeld betekenen dat beoogde afnemers niet meer een gebouw of een dienst afnemen of huren, maar dat deze betalen voor de geleverde functionaliteit. En dat de aanbiedende partijen binnen het kader van de gewenste circulariteit, zorg dragen voor het gehele proces van ontwerp, uitvoering, onderhoud, hergebruik, herbestemming, eventuele upgrades en recycling.

Met deze nieuwe verdienmodellen nemen we in de bouw afscheid van die eenmalige inefficiënte gelegenheidscoalities voor het realiseren van een enkel gebouw of civieltechnisch object en gaan we ook weer een duidelijke stap verder dan het huidige streven naar stabiele samenwerkingsrelaties tussen toeleveranciers en hoofdaannemer. De keten wordt hecht, veel hechter, strekt zich uit over talloze projecten en over de hele levenscyclus van de eerder door de keten gerealiseerde gebouwen of civieltechnische objecten. Net als dit in de hightech sector al het geval is, kan ook de overheid deel gaan uitmaken van zo'n samenwerkingsverband. Voor het concept ecosysteem, want daar hebben we het hier over, bestaat de laatste paar jaar grote belangstelling in de organisatie- en innovatieliteratuur. Net als dat het geval is bij biologische ecosystemen, leveren deelnemende partijen in een ecosysteem complementaire bijdragen en in gezamenlijkheid

dragen zij bij dat het systeem als geheel ook op lange termijn effectief blijft functioneren.

De wetenschappelijke publicaties over ecosystemen hebben zich tot nog toe vooral toegespitst op de hightech industrie. Bekende voorbeelden van dergelijke ecosystemen in Nederland zijn de HighTech campus in Eindhoven, de FoodValley in Wageningen en het Kennispark in Twente. Een eerste voorzichtige aanzet voor de bouw is terug te vinden in publicaties van onderzoekers verbonden aan de Aalto University in Finland (Rajakallio et al (2016; 2017; 2018a; 2018b) en Pulkka et al (2016)). Wetenschappelijk onderzoek naar de mogelijkheden tot het ontwerpen van levensvatbare ecosystemen voor de bouw zie ik als een uitermate belangrijk onderwerp voor de komende jaren voor verdere studie. Het zou zo maar kunnen, dat dit de doorbraak oplevert voor de zo door ons gewenste transitie naar een duurzame, klimaatbestendige en circulaire bouwomgeving.

5.4. ONTWERPEN VAN ONDERWIJS, LEIDINGGEVEN AAN ONDERWIJS EN DOCEREN IN MIJN TWENTSE PERIODE

Naast mijn activiteiten als onderzoeker en begeleider en promotor van onderzoek heb ik aan de Universiteit Twente ook een onderwijstaak gehad. In het reguliere curriculum van de opleiding *Civil Engineering & Management* en dat van *Construction Management & Engineering* betrof dit het begeleiden van afstudeerders van bachelor- en masterscripties en het geven van onderwijs in de vakken – het zal u inmiddels niet meer verbazen – *Project management en Industrialisatie en Innovatie in de bouw*. Daarnaast gaf ik ook elk jaar gastcolleges in vakken verzorgd door respectievelijk dr. ir. Erwin Hofman van de opleiding *International Business Administration* (in het vak *Innovation and Entrepreneurship*), dr. Mohammad Rajabali Nehad van de opleiding Mechanical Engineering (in het vak *Safety by Design*) en prof. dr. Angèle Reinders van de opleiding Industrial Design & Engineering (in het vak *Sources of Innovation*).

EXECUTIVE MASTEROPLEIDING RISICOMANAGEMENT		
JAAR 1	INTRODUCTIE BEGRIPPENKADER RISICOMANAGEMENT (2 EC)	Academische vaardigheden en methodologie (8 EC)
	VIER BASIS MASTER CLASSES (4 X 6 ec)	
	1. Risicomanagement cyclus	
	2. Organiseren van Risicomanagement	
	3. Risicoperceptie en risicocommunicatie	
	4. Financieel Risicomanagement	
	Studiereis en Bernsteinreflectie	
JAAR 2	DRIE KEUZE MASTER CLASSES (3 X 4 EC)	Voorbereiden onderzoeksvoorstel masterthesis (4 EC)
	a. Risico en veiligheid in ICT en Cyberspace	
	b. Operationeel risicomanagement en veiligheid	
	c. Innovatie en risicomanagement	
	d. Juridisch risicomanagement, compliance & governance	
	e. Verandermanagement en leiderschap	
	f. Kwaliteit, veiligheid en technologie in de zorgketen	
JAAR 3	MASTERTHESIS (20 EC)	

Figuur 11: Opzet van de executive masteropleiding Risicomanagement aan de Universiteit Twente

Daarnaast ben ik vanaf de start in 2009 als wetenschappelijk programma-leider betrokken geweest bij de ontwikkeling en invoering van de *executive masteropleiding Risicomanagement* van de Universiteit Twente (zie figuur 11). Risicomanagement kent aan de Universiteit Twente een lange historie in zowel onderwijs zowel als onderzoek. De executive masteropleiding Risicomanagement is wellicht een van de mooiste, zo niet het mooiste voorbeeld van een opleiding die verschillende kennisgebieden die aanwezig zijn binnen de Universiteit Twente samenbrengt binnen een herkenbaar, actueel en maatschappelijk gezien uiterst relevant domein. Risicomanagement past ook uitstekend binnen de ambities die de regio Twente zichzelf op dit gebied heeft gesteld met de ontwikkeling van het veiligheidscluster *Twente Safety & Security* en de *Risk Factory* op de voormalige luchthaven. De executive masteropleiding Risicomanagement onderscheidt zich door een integrale, ontwerpgerichte benadering van risicomanagement waarbij we de rol van de organisatie centraal stellen. De inbreng van het onderzoek op het gebied van risico en risicomanagement zoals dit plaatsvindt binnen de verschillende faculteiten en vakgroepen van onze universiteit maakt het voor ons ook mogelijk om risico en risicomanagement vanuit een multi-

disciplinair perspectief te beschouwen. Voor het onderdeel veiligheid werken we samen met de groep van prof. dr. ir. Pieter van Gelder van de TU Delft.

Sinds de start van de executive masteropleiding Riscicomagement in 2009 hebben zich zo'n 150 professionals op het gebied van risico en veiligheid binnen de overheid en het bedrijfsleven ingeschreven om bij ons de masteropleiding te volgen. Inmiddels zijn er zes leergangen voltooid, is de zevende leergang in een afrondende fase en is recent met de achtste leergang gestart. Voor deze nieuwe leergang neemt prof. dr. Marielle Stoelinga, recent benoemd tot hoogleraar risicomagement bij de faculteit EWI (Elektrotechniek, Wiskunde en Informatica), het academisch programmaleiderschap van mij over. Samen met programmamanager drs. Dick Wijnveen en programmacoördinator Carla Knippers-Booijnk zullen zij de komende jaren verder vorm en inhoud geven aan deze unieke masteropleiding in Nederland.

Gasthoogleraar bij de University of Curaçao

Inmiddels ben ik ook alweer meer dan tien jaar verbonden als gasthoogleraar aan de University of Curaçao. Ik doe dit met veel plezier, omdat ik dan het idee heb zo wat te kunnen bijdragen aan de verdere ontwikkeling van mijn geboorte-eiland. Op verzoek van de Technische faculteit van de University of Curaçao heb ik een executive Techno-MBA ontworpen. De Techno-MBA omvat een adaptatieprogramma van 30 ECTS en vervolgens een masterprogramma van 90 ECTS. Deze masteropleiding wordt gevolgd door professionals uit de praktijk met als achtergrond een HTS of een universitaire technische vooropleiding. In deze masteropleiding zitten alle vakken die je ook in een normale MBA tegenkomt, maar de opleiding is verder uitgebreid met vakken die vanuit de technische achtergrond van de deelnemers ook van belang zijn. Denk hierbij aan vakken zoals sustainable technology, operations & quality management, technology entrepreneurship, technology innovation en information management. Bij de opleiding geven lokale docenten de inleidende colleges voor elk vak waarna een hoogleraar uit het buitenland (Nederland, Duitsland en de USA) tijdens een intensieve week dieper op de stof en de laatste wetenschappelijke ontwikkelingen in het vakgebied ingaat. De masteropleiding is in 2014 door de NVAO als masteropleiding geaccrediteerd.

Ook ben ik vanuit mijn aanstelling aan de University of Curaçao, twee jaar terug door het Ministerie van Economische Ontwikkeling op Curaçao benaderd om een advies uit te brengen over de mogelijkheden tot het

stimuleren van innovaties op Curaçao. Samen met de inbreng van een groot aantal relevante actoren uit het veld, heeft dit geleid tot een innovatiebeleidsplan voor Curaçao. Het traject om van plan tot uitvoering te komen vergt wel het nodige druk en trekwerk. Ik hoop hier in de komende periode tijd voor te kunnen gaan vrijmaken.

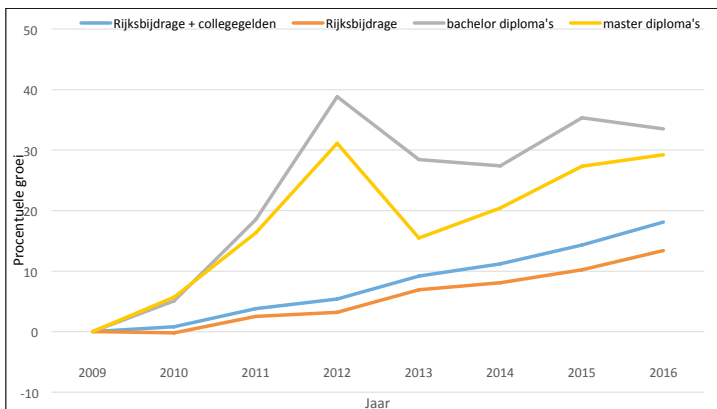
6. DE ORGANISATIE VAN HET WETENSCHAPPELIJK ONDERWIJS EN ONDER- ZOEK

Ik heb er lang over getwijfeld of ik de organisatie van het wetenschappelijk onderwijs en onderzoek in mijn afscheidsrede aan de orde zou stellen. Uiteindelijk heb ik besloten het wel te doen. Mijn advies aan de dames en heren bestuurders: val niet in de automatische reflex van rechtvaardiging en verdediging maar gebruik dit als een input tot reflectie en verbetering van de organisatie van het wetenschappelijk onderwijs en onderzoek dat velen van ons zeer aan het hart ligt. Daar gaat ie dan:

Uit een door de vakbond FNV (2017) in het afgelopen jaar gepubliceerde enquête onder 2.500 medewerkers die werkzaam zijn op Nederlandse Universiteiten, blijkt dat maar liefst zestig percent van de ondervraagden in de aan de enquête voorgaande drie jaren, last heeft gehad van lichamelijke of psychische klachten en dat negentig percent van de ondervraagden in die periode toch heeft doorgewerkt. De grootste uitschieters liggen bij het wetenschappelijk personeel en medewerkers in de leeftijdsgroep van 26 tot 45 jaar. De belangrijkste redenen van de hoge werkdruk liggen volgens de ondervraagden in de forse groei van het aantal studenten, de combinatie van te veel verschillende taken, en het door de organisatie centraal stellen van de ranking (hoe de universiteit scoort ten opzichte van de andere universiteiten). Ook op de Universiteit Twente blijkt er sprake te zijn van een duidelijke toename aan psychische klachten door werk gerelateerde problemen. Ten opzichte van 2016 was er in 2017 zelfs een verdubbeling te zien van het aantal verzuimdagen. Het probleem blijkt zich vooral voor te doen onder het wetenschappelijk personeel (Jaarverslag 2017 Universiteit Twente, 2018).

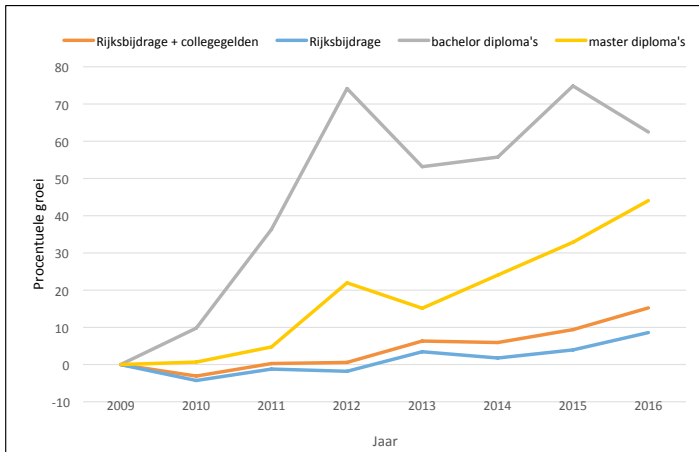
In het Financieel Dagblad van 11 augustus jl. (Beucker Andreae, 2018) werd een belangrijke observatie gemaakt met betrekking tot burn-out klachten van medewerkers: "Vaak krijgen mensen onterecht het label burn-out: niet

de inhoud of de hoeveelheid werk is het probleem, maar de organisatie is het probleem". Ik durf te stellen dat deze observatie helaas ook van toepassing is voor de organisatie van het wetenschappelijk onderwijs en onderzoek in Nederland. Met de invoering in de jaren '60 van een systeem van bekostiging waarbij universiteiten voor hun personele lasten werden bekostigd op grond van het aantal ingeschreven studenten (Vossensteyn et al, 2017) begonnen Nederlandse universiteiten elkaar te beconcurreren op studentenaantallen. Opleidingen waar veel belangstelling voor was zoals bedrijfskunde of communicatiewetenschappen, werden plotsklaps door nagenoeg alle universiteiten aangeboden. Dit om het aantal ingeschreven studenten op de eigen universiteit op te krikken en hiermee ook de inkomsten. Elke universiteit kreeg ook een eigen marketingafdeling die met oorspronkelijk voor onderwijs en onderzoek bedoelde middelen, dure wervingscampagnes begon te voeren in de jacht op grotere studentenaantallen voor de eigen universiteit. Een ironisch verschijnsel wanneer je beseft dat al deze uitgaven bekostigd werden en worden door dezelfde overheid die een plafond budget hanteert voor het wetenschappelijk onderwijs. Op deze wijze houden universiteiten de financiering van het primaire proces van onderzoek en onderwijs zelf uit. Uit een dit jaar gepubliceerde cijferanalyse van het Rathenau Instituut (Van den Broek-Honingh en De Jonge, 2018) blijkt dat aan de dertien Nederlandse universiteiten in de periode tussen 2009 en 2016 gemiddeld 33 procent meer bachelors en 29 procent meer masters afstudeerden dan in de periode daarvoor, terwijl de totale rijksbijdrage plus de collegegelden met slechts 7 procent reëel steeg. Zie figuur 12.



Figuur 12. Scheefgroei tussen onderwijsprestaties versus inkomsten Rijksbijdrage en collegegelden (Rathenau: Van den Broek-Honingh en De Jonge, 2018)

De scheefgroei tussen de onderwijsprestaties en inkomsten vanuit de Rijksoverheid is nog het grootst bij de vier technische universiteiten. Zie figuur 13.



Figuur 13: Scheefgroei tussen onderwijsprestaties versus inkomsten Rijksbijdrage en collegegelden voor de vier TU's (Rathenau: Van den Broek-Honingh en De Jonge, 2018)

De groei van de afgelopen jaren is vooral te danken (of te wijten zo u wilt) aan de instroom van buitenlandse studenten. Om deze instroom vanuit het buitenland mogelijk te maken besloten universiteiten om ook het bachelor onderwijs in het Engels aan te gaan aanbieden. Internationaliseren heeft diverse voordelen (zie o.a. Van Kuijk, 2018). Zo zijn internationale studenten vaak zeer gemotiveerd en bieden zij een grotere variatie aan perspectieven. Je kunt wereldwijd werven voor onderwijspersoneel, wat de keuze voor een universiteit vergroot. Bovendien zullen veel studenten later gaan werken in internationale bedrijven, voor internationale klanten en met internationale collega's. Dan is een internationale onderwijscontext een pre.

Internationaliseren als strategie is op zich dus prima, behalve als dit uitsluitend is ingegeven uit het opportunistisch willen verhogen van de instroom van het aantal studenten. Bij internationalisatie als strategie hoort ook een beleid waarin de Nederlandse student zich niet tekort gedaan voelt en de buitenlandse student zich gewaardeerd en serieus genomen voelt.

De voorzitter en vicevoorzitter van de Koninklijke Nederlandse Academie voor Wetenschappen (Van Dijk en Van Saarloos, 2017) waarschuwden er het afgelopen jaar voor dat de sterk groeiende universiteiten door gebrek aan geld uit hun voegen dreigen te gaan barsten. Aan wie zou dat dan toch liggen, is dan mijn vraag?

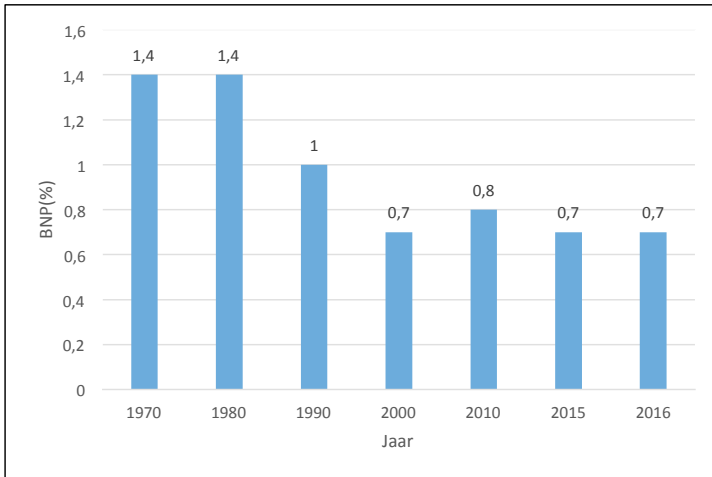
De besturen van de universiteiten kan worden verweten dat ze hebben ingezet op groei bij een nauwelijks stijgend budget voor wetenschappelijk onderwijs en dat met dit beleid het wetenschappelijk personeel overbelast dreigt te worden. Is er een uitweg mogelijk uit deze impasse?

Geïnspireerd door de laatste gehouden NAVO-top met president Trump, waar de discussies vooral gingen over de defensie-uitgaven als percentage van het BNP (Bruto Binnenlands product), heb ik tijdens het voorbereiden van dit afscheidscollege aan het CBS (het Centraal Bureau voor de Statistiek) gevraagd om voor mij voor de periode 1960-2016 uit te rekenen wat de uitgaven van de Rijksoverheid voor het wetenschappelijk onderwijs als percentage van het BNP (Bruto Binnenlands Product) zijn geweest.

Zoals uit figuur 14 mag blijken, is dit percentage ten opzichte van de jaren zestig en zeventig gehalveerd, van 1,4 procent van het BNP naar nu 0,7 procent van het BNP. De besturen van de universiteiten kan worden verweten dat ze hebben ingezet op groei bij een nauwelijks stijgend budget voor wetenschappelijk onderwijs. Maar dat de onderwijsuitgaven als percentage van het BNP in de afgelopen dertig jaar zijn gehalveerd is werkelijk ongekend. Als Nederland claimen we een kennisland te zijn. Maar we hebben als Nederlandse overheid minder dan 1 procent van het BNP over voor wetenschappelijk onderwijs en onderzoek. Deze logica is alleen door politici uit te leggen.

Het wordt hoog tijd dat de VSNU (de Vereniging van Nederlandse Universiteiten, het Samenwerken is inmiddels uit de naam geschrapt) uit haar winterslaap wordt gewekt. Niet alleen om de CAO van Nederlandse universiteiten aan te passen omdat deze echt niet meer van deze tijd is, maar vooral ook om de scheefgroei in de financiering van het wetenschappelijk onderwijs op de politieke agenda te krijgen.

Het gaat echter niet alleen om een scheefgroei in het onderwijs. Ook over de financiering van het onderzoek valt het nodige op te merken. NWO, in 1987 ingesteld als zelfstandig bestuursorgaan onder auspiciën van het ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap, investeert jaarlijks ruim 650 miljoen euro in onderzoek en onderzoekers, instrumenten en apparatuur en instituten waar onderzoek wordt bedreven.



Figuur 14: Uitgaven aan wetenschappelijk onderwijs als percentage van het BNP (Bron: CBS, 2018)

Voor een beginnend universitair docent is het krijgen van een door NWO gefinancierde Venibeurs tegenwoordig een belangrijke voorwaarde voor een verdere academische carrière. Het is dan uiterst wrang om te beseffen dat de slaagkans voor zo'n *Venibeurs* minder dan 15 percent bedraagt. Dit wil zeggen dat 85 percent van de indieners maandenlang helemaal voor niets werken aan het opstellen van een onderzoeksvorstel. En onder deze getalenteerde indieners zijn er zeer velen die een goed tot uitstekend onderzoeksvorstel hebben weten te schrijven. Je kunt jezelf dan serieus afvragen of dit wel een ethisch verantwoordbare wijze van werkgeverschap is? In de bouw krijgen aannemers die bij de inschrijving niet het werk krijgen tenminste nog een rekenvergoeding!

Eenzelfde soort vraag stel ik mij bij het aanstellen van zogenoemde *tenure-trackers*. Deze moeten in een verkort tempo door diverse door de organisatie opgeworpen hoepels springen waarna een aanstelling als universitair hoofddocent of mogelijk hoogleraar in het verschiet ligt. Hoepels waardoor de meeste van de mensen die deze bedachten, zelf nooit hebben hoeven te springen. Vraagt de universiteit zich wel in voldoende mate af welke zware wissel dit trekt op het thuisfront van deze jonge wetenschappers met veelal nog jonge opgroeiende kinderen? En is het dan gek dat de burn-out klachten met een toenemende onderwijsbelasting en de stress over het wel of niet binnenhalen van de NWO-premie toenemen?

En tenslotte: wat is er nou in hemelsnaam mis met een normaal aangestelde, goed functionerende universitair docent?

Behalve psychische klachten bij de wetenschappelijke staf, blijkt er ook sprake te zijn van psychische klachten en stress bij onze studenten.

Uit onderzoek van de landelijke Studentenvakbond (LSvB) blijkt dat een op de drie (34,6 percent) studenten een verhoogde kans heeft op een burn-out. Ter vergelijking: voor de werkende, gezonde bevolking is dit 14,6 percent. Met de berichtgeving over psychische klachten en stress van studenten aan de Universiteit Twente haalden we in augustus van dit jaar zowel de regionale als landelijke media. Conform de berichtgeving uit de media wordt dit veroorzaakt door het van bovenaf doorgedrukte onderwijsmodel (het zogenaamde TOM model) voor de bacheloropleidingen. De Universiteit Twente reageerde op de berichtgeving dat: "het algemeen bekend is dat de druk op studenten hoog is door het bindend studieadvies, het afschaffen van de studiebeurs en de veeleisende maatschappij. Of het Twents Onderwijsmodel zou zorgen voor meer stress, was niet bekend, over cijfers hierover beschikt de universiteit niet." Eerlijk gezegd begrijp ik zo'n antwoord niet. Het onderwijsmodel is in 2013 ingevoerd. Vijf jaar na dato zou je toch moeten weten wat de effecten van de invoering zijn. Niet alleen of je studierendement is verhoogd, wat de bedoeling van de invoering van het systeem was, maar ook wat de psychische effecten van zo'n model zijn op onze studenten. Zelf vind ik het een rigide systeem met weinig flexibiliteit voor de student. Het groepswork dat ingebakken zit in het systeem heeft ook een nivellerende werking voor de meer talentvolle studenten. Dat zouden we niet moeten willen. Je eindcijfer is namelijk mede afhankelijk van de prestaties van de studenten waarmee je in dezelfde groep zit. En bij grotere groepen (dit is al zo vaak wetenschappelijk aangetoond) is de kans reëel dat een of twee leden in de groep de werklust handig weten af te schuiven op de rest. De ideale grootte van een groep is voor mij een groep bestaande uit minder dan drie en meer dan een groepslid. Wat wel zondermeer positief is, is het feit dat de studenten over de kwaliteit van het onderwijs weinig te klagen hebben. Dit kan toch voor een groot deel op het conto van de docenten worden geschreven. Ook in de keuzegids onderwijs scoort de Universiteit Twente hoog en komt deze vaak als beste uit de bus. Het gaat dus wederom niet om de inhoud van het werk, maar om de wijze van organisatie. En daar valt gelukkig wat aan te doen!

Ook over de toegenomen bureaucrativering en controledrift, de samenvoeging van uiteenlopende disciplines tot mammoetfaculteiten, de clustering van vakgroepen tot departementen, het ontstaan van extra bestuurslagen terwijl de hele wereld om ons heen bezig is om platte organisatievormen te creëren, kan ik op basis van wetenschappelijke literatuur, het nodige tegenin brengen. Ik doe het maar niet, ik ben voor mijn doen vandaag al voldoende kritisch geweest. Wat ik ter afsluiting van dit onderwerp nog wel wil zeggen is dat de organisatie van het wetenschappelijk onderwijs en onderzoek naar mijn mening echt broodnodig toe is aan vernieuwing.

7. TER BESLUIT: EEN WOORD VAN DANK

Ik kijk terug in dankbaarheid; veel van wat ik in de afgelopen decennia heb meegemaakt en waarvan ik een klein deel met u heb gedeeld vandaag, zou ik zo opnieuw weer willen meemaken.

Maar ik heb daarnaast ook afscheid moeten nemen van naaste familieleden, van vrienden en ook van collega's die mij zeer dierbaar waren. Het hoort bij het leven, het is niet anders, ze zijn blijvend in mijn gedachten.

Graag wil ik nog een woord van dank uitspreken:

- In de eerste plaats aan iedereen die vandaag de moeite genomen heeft om naar mijn afscheidsrede te komen. Velen onder u hebben een lange reis moeten maken, sommigen van u hebben zelfs een hele oceaan overgestoken. Mijn dank is groot, ik stel het zeer prijs.

Ook een bijzonder woord van dank aan:

- De universiteit en de faculteit voor het steeds in mij gestelde vertrouwen.
- Mijn oud-collega's van de vakgroep Organisatiekunde in Eindhoven, tegenwoordig ITEM (Innovation, Technology Entrepreneurship & Marketing) geheten, voor de mooie jaren waarin academische passie in grote vrijheid en tegelijk in sterke verbondenheid werd bedreven en met humor als onze gedeelde possessie.
- Mijn collega's van de vakgroep Bouw/Infra in Enschede, voor de wijze waarop jullie ervoor gezorgd hebben dat ik mij al vanaf het begin helemaal thuis voelde bij jullie in de groep.
- Mijn collega-hoogleraren van het Departement Civiele Techniek voor de wijze waarop wij in de van hoger hand gedicteerde en afgedwongen samenvoeging, een redelijk begaanbare weg hebben weten te vinden.
- Mijn collega's en oud-collega's van Professional Learning & Development aan de UT en alle docenten betrokken bij de executive master Risicomanagement voor het gezamenlijk neerzetten van een masteropleiding die als een bijzonder unieke masteropleiding in Nederland kan worden beschouwd.

- Mijn collega's van de examencommissie van de opleidingen Civiele Techniek en Construction Management & Engineering voor de constructieve wijze waarop wij altijd met elkaar van gedachten hebben kunnen wisselen en altijd het belang van de student voor ogen hadden.
- Mijn collega onderzoekers van ARISE, een faculteitoverstijgend initiatief van prof. dr. Angèle Reinders, waarin we maandelijks ideeën op het gebied van onderzoek over circulariteit en duurzame energie met elkaar uitwisselen.
- Mijn promovendi, afstudeerders, studenten en deelnemers aan de verschillende postinitiële leergangen en masterclasses, voor het vele dat ik van jullie heb mogen bijleren.
- Al mijn andere gewaardeerde collega's, mede door jullie vond ik het elke dag weer fijn om naar de universiteit te gaan.
- Mijn vrienden, voor de jarenlange wederzijds gekoesterde vriendschappen.
- Mijn familieleden met wie ik al van kinds af een hele hechte band ervaar.
- En tenslotte mijn inner, inner circle, Constance & Bas, Gideon & Marianne, mijn prachtige kleinzonen Anthony en Vincent en mijn levenspartner Anita, alweer zoveel jaren mijn sparringpartner, waarmee ik samen zin geef aan het leven en hierdoor zin heb in het leven.

Het lijkt me mooi om nu af te sluiten met een strofe uit een gedicht. Nu is het zo, dat de dichter des Vaderlands, Joost van den Vondel (1587-1679) een gedicht heeft opgedragen aan een verre voorvader, Henrik Halman uit Amsterdam. Vondel sluit zijn gedicht af met:

*Hier rust nu H A L M A N, die nooit ruste,
Tot dat de doot zijn yver bluste.*

Vondel komt, wanneer ik de strofe op mijzelf betrek, in het tweede deel van de eerste regel, aardig in de buurt. Maar wat de laatste regel betreft, hoop ik dat de uitkomst hiervan nog vele jaren op zich mag laten wachten!

Ik dank u voor uw aandacht.
Ik heb gezegd.

REFERENTIES

- Arnoldussen, J., Groot, P., Halman, J.I.M. en Van Zwet, R. (2017) *Innovatie in de bouw; Opgaven en Kansen*, EIB en Universiteit Twente, Amsterdam, 77 pp.
- Baldwin, C.Y. en Clark, K.B. (1997) Managing in an age of modularity. *Harvard Business Review* 75(5):84-93.
- Baldwin, C.Y. en Clark, K.B. (1999) *Design Rules: The Power of Modularity*. MIT Press, Cambridge Mass.
- Bazerman, M.H., (1990) *Judgement in Managerial decision making*, New York, John Wiley, 288 pp.
- Berg, (2013) *Overwegingen van corporaties bij de adoptie van energiebesparende woningtransformatie-concepten*, Afstudeerrapport Universiteit Twente, Vakgroep Construction Management & Engineering, Enschede, 390 pp.
- Beucker Andreae, M (2018) Tranen op de zaak, *FD persoonlijk*, Vol. 14, no. 32, pp. 2831.-
- Boonen, T. (2018) *Lead-time reduction through modularization & systems engineering in Dutch Military Basecamp design*, Master thesis University Twente, Department Civil Engineering, research group Construction Management & Engineering, Enschede, 77 pp.
- Bras, w. en Remmerts, H. (2018) Innovatie, pure noodzaak, Cobouw, Bouwbreed, 27 juni 2018, <https://www.cobouw.nl/bouwbreed/artikel/2018/06/innovatie-pure-noodzaak-101262406>
- Broek-Honingh van den, N. en J. de Jonge (2018). *Vertrouwen in de wetenschap – Monitor 2018*. Den Haag: Rathenau Instituut
- Brouwer, S., Al-jibouri, S.H.S., Chivatá Cárdenas, I. & Halman, J.I.M. (2018) Analysis of risks to public safety from wind turbines, *Reliability Engineering & Safety Science*, Vol. 180, pp. 77-82
- Caerteling, J.S. (2008) *Technology development in road construction; How government roles affect project performance*, PhD thesis University of Twente, Enschede, 220 pp.
- Chivatá Cardenas, I. & Halman, J.I.M. (2016) Coping with uncertainty in environmental impact assessments: A review of the Colombian guideline, *Environmental Impact Assessment Review*, Vol. 60, pp.24-39.
- Coenen, T., (2017) *Innovation policy for the construction industry; The Netherlands compared with several European countries*, Master thesis University of Twente, Enschede, 170 pp.

- Cooper, R. (2011) The innovation dilemma: How to innovate when the market is mature, *Journal of Product Innovation Management*, Vol. 28, no 1, pp. 2-27.
- Dekker, S. (2003) Failure to adapt or adaptations that fail: contrasting models on procedures and safety, *Applied Ergonomics*, Vol. 34, pp. 233-238.
- Dijk, J. van en Saarloos, W. (2017) *Wetenschap in Nederland; Waar een klein land groot in is en moet blijven*, Koninklijke Nederlandse Academie van Wetenschappen, Amsterdam, 85 pp.
- Entrop, A.G. (2013) *Assessing Energy techniques and measures in residential buildings: A multidisciplinary approach*, PhD thesis University of Twente, Enschede, 275 pp.
- Flyvbjerg, B. (2005) Policy and Planning for Large Infrastructure Projects: Problems, causes, cures, *World Bank Policy Research working paper*, No. 3781, 32 pp.
- FNV in samenwerking met het VAWO (2017), *Rapport onderzoek werkdruk in Nederlandse universiteiten*, <https://www.fnv.nl/site/nieuws/webassistent/Annika-Heerekop/werkdruk-medewerkers-universiteiten-ongezond-hoog-3/onderzoekwerkdrukuniversiteiten.pdf>
- Friedman, M. & Friedman, R. (1979) *Free to choose; A personal statement*, Hartcourt Inc., Orlando Florida, 327 pp.
- Gehner, E. (2008) *Knowingly taking risks; Investment decision making in real estate development*, PhD thesis TU Delft, Delft, 320 pp.
- Govers, C.P.M. (1993) Quality of services "applicable to production?" *International Journal of Production Economics*, Vol. 30-31, pp. 385-397.
- Halman, J.I.M., Keizer, J.A., (1992) A Risk Management Strategy for Product innovation projects, In: Geschka, H., Hübner, H. (eds.), *Innovation Strategies, Theoretical approaches, experiences, improvements*, Amsterdam, Elsevier Science Publishers, pp 79-93
- Halman, J.I.M. (1994) *Risicodiagnose in productinnovatie; Ontwikkeling van de risicodiagnosemethode RDM*, Proefschrift TU Eindhoven, Eindhoven, 200 pp.
- Halman, J.I.M. (1994) Diagnosing risks in product innovation projects, *International Journal of Project Management*, Vol. 12, no. 2 pp. 75-80.
- Halman, J.I.M., Smallenburg, K & Mal, H.H. van, (1996) Towards re-use of knowledge in the concept stage of development, *International Journal of Technology Management*, vol 11, no 3/4, pp 343-354.
- Halman, J.I.M. and Weijden, M., (1997) In search of best practices in risk management, An evaluation study on risk management in product

- development projects In: Kähkönen, K. and Artto, K.A. (eds.), *Managing Risks in Projects*, E&FN SPON, London, pp 31-41, 1997.
- Halman, J.I.M. and Keizer, J.A., (1997) The Risk Diagnosing Methodology RDM, Formulating and implementing conditions for successful application, In: Kähkönen, K. and Artto, K.A. (eds), *Managing Risks in Projects*, E&FN SPON, London, pp 204-214.
- Halman, J.I.M., (2002) Ontwikkeling van een risicoreferentielijst voor productinnovatie-projecten, *Bedrijfskunde*, Vol 74, no 3, pp 35-46 (invited author for special issue on risk management).
- Halman, J.I.M., Hofer, A.P. en Vuuren, W. van, (2003) Platform driven development of product families: Theory versus practice, *Journal of Product Innovation Management*, Vol 20, no 2, pp 149-162.
- Halman, J.I.M., Keizer, J.A. and Song, M. (2003) Strategic decision making about technology-based innovation projects: Development and use of a risk reference framework, In: Durand, Th. (Ed.), *Bringing technology into the Boardroom, Strategy, Innovation and competences for business value*, Palgrave Macmillan, pp 387-411.
- Halman, J.I.M. (2004) *Platformgedreven innoveren in de bouw*, Oratie Universiteit Twente, Enschede, 50 pp.
- Halman, J.I.M. (2008) *Risicomanagement in de bouw, nieuwe ontwikkelingen bij een aantal koplopers*, Aeneas, Boxtel, 116 pp.
- Hertog, P. den & Brouwer, E. (2001) Innovation in the Dutch construction cluster. In: *OECD, Innovative clusters, drivers of national innovation systems*, Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris. pp. 203-208
- Hofman, E. (2004) *Mocobo: Modulair consument gericht bouwen; Een onderzoek als aanzet voor een modulair consumentgericht bouwprincipe*, Afstudeerrapport Universiteit Twente, Vakgroep Construction Management & Engineering, Enschede, 149 pp.
- Hofman, E., Halman, J.I.M. & Ion, R. (2006) Variation in housing design: Identifying customer preferences, *Housing Studies*, Vol. 21, no 6, pp. 929-943.
- Hofman, E. (2010) *Modular and architectural innovation in loosely coupled networks; Matching customer requirements, product architecture, and supplier networks*, PhD thesis University of Twente, Enschede, 219 pp.
- Janis, I.L. (1972) *Victims of groupthink; A psychological study of foreign-policy decisions and fiascoes*, Boston, Houghton Mifflin, 277 pp.
- Keizer, J.A., Halman, J.I.M. and M. Song, (2002) From Experience: Applying the Risk Diagnosing Methodology RDM, *The Journal of Product Innovation Management*, Vol. 19, no 3, pp 213-233.

- Klok, P. (2013) *Innovatie in de bouw; een onderzoek naar de adoptiebesluitvorming van nieuw ontwikkelde woningbouwconcepten*, Afstudeerrapport Universiteit Twente, Vakgroep Construction Management & Engineering, Enschede, 115 pp.
- Kruger, J. & Dunning, D. (1999) Unskilled and unaware and unaware of it: How difficulties in recognizing one's own incompetence lead to inflated self-assessments, *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 77, pp. 1121-1134.
- Kuijk, J. Van (2018) Internationalisering is misschien geen verdienmodel, maar door alle perverse prikkels in het systeem wel een overlevingsstrategie, *De Volkskrant*, column 22 augustus 2018.
- Lichtenberg, J.J.N. (2002) *Ontwikkelen van projectongebonden bouwproducten*, proefschrift TU Delft, Delft.
- Marchena, F.A. (2013) *Efficiency improvement of seawater desalination processes: The case of the W.E.B. Aruba N.V. on the island of Aruba*, PhD thesis University of Twente, Enschede, 522 pp.
- Mathieux, F., Ardente, F., Bobba, S., Nuss, P., Blengini, G., Alves Dias, P., Blagoeva, D., Torres De Matos, C., Wittmer, D., Pavel, C., Hamor, T., Saveyn, H., Gawlik, B., Orveillon, G., Huygens, D., Garbarino, E., Tzimas, E., Bouraoui, F. and Solar, S. (2017) *Critical Raw Materials and the Circular Economy – Background report*. JRC Science-for-policy report, EUR 28832 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2017, 102 pp.
- Meijer, A. (2011) *Risicomanagement in strafzaken van het Functioneel parket; Toepassing van de Risico Diagnosemethode RDM in complexe strafzaken van het Functioneel parket*, Afstudeerrapport voor de executive master Risicomanagement aan de Universiteit Twente, Professional Learning & Development (PLD), Enschede, 99 pp.
- Ng, P.T. (2004) The learning organization and the innovative organization, *Human Systems Management*, Vol. 23, no 2, pp. 93-100.
- Mintzberg, H. Ahlstrand, B., & Lampel, J. (1998). *Strategy Safari: The complete guide through the wilds of strategic management*, Edinburgh, United Kingdom: Pearson.
- NRC Handelsblad (2018) Er vallen bijna vijf maal zoveel doden binnenshuis als in het hele verkeer, *NRC Handelsblad*, Vol. 48, no. 256, 2 augustus 2018, p.6.
- Potemans, A. (2017) *Modular building in a circular economy: an exploratory approach*, Master thesis TU Delft, Faculty Architecture and the Built Environment, section Management in the Built Environment, TU Delft, Delft, 67 pp.

- Rajakallio, K., Ristimäki, M. & Junnila, S. (2014) Profit, Risk and Value, The value of business model fit in the value creation in REC sector, In: *Proceedings of 2014 CIB International conference on construction in a changing world*.
- Pulka, L., Ristimäki, M., Rajakallio, K. & Junnila, S. (2016) Applicability and benefits of the ecosystem concept in the construction industry, *Construction Management and Economics*, Vol. 34, no. 2., pp. 129-144.
- Rajakallio, K., Ristimäki, M., Andelin, M. & Junnila, S. (2017), Business model renewal in contact of integrated solutions delivery: a network perspective, *International Journal of Strategic Property Management*, Vol. 21, no. 5, pp. 72-86.
- Rajakallio, K., Cuthbertson, R., Pulka, L. & Junnila, S. (2018), Creating urban platforms; Opportunities and challenges for innovation in commercial real estate development, *Cities*, Vol. 77, pp. 92-103.
- Rops, F. (2018) *Decompositie en het risico van ongewenste koppeleffecten; Hoe een goed projectresultaat toch een ongewenste uitkomst is*, Afstudeerrapport Universiteit Twente, Master Risicomanagement, Enschede, 71 pp.
- Rosling, H. (2018) *Factfulness: Ten reasons we're wrong about the world, and why things are better than you think* Flatiron books, New York, 331pp.
- Rutten, M.E.J. (2016) *Collaboration for innovation in the construction sector; Key actors and resource allocation decisions*, PhD thesis University of Twente, Enschede, 154 pp.
- Saaty, T.L. en Vargas, L.G. (1982) *The logic of priorities: applications in business, energy, health and transportation*, Kluwer-Nijhof, Den Haag
- Sarasvathy, D.K. Simon, H.A. & Lave, L. (1998) Perceiving and managing business risks: differences between entrepreneurs and bankers, *Journal of Economic Behavior and Organization*, Vol. 33, no. 2, pp. 207-225.
- Schepers, W. (2012) *Objectstandaardisatie in de GWW sector; Onderzoek naar het ontwikkelen van een productplatform voor een spooronderdoorgang*, Master thesis University Twente, Department Civil Engineering, research group Construction Management & Engineering, Enschede, 84 pp.
- Siebelink, R. (2013) *The road ahead; Business roadmapping and how to compensate for uncertainty: the case of the construction industry*, Master thesis University of Twente, department construction Management & Engineering, Enschede, 142 pp.

- Siebelink, R., Halman, J.I.M. & Hofman, E. (2016) Scenario-driven roadmapping to cope with uncertainty: its application in the construction industry, *Technology forecasting & Social Change*, Vol. 110, pp. 226-238.
- Slovic, P. (1987) Perception of risk, *Science*, Vol. 236, Issue 4799, pp 280-285.
- Staveren, M.T. (2009) Risk, *Innovation & Change; Design propositions for implementing risk management in organizations*, PhD thesis University of Twente, Enschede, 395 pp.
- Stout, A. (2016) *Application of the principles of mass customization: standardization and modularization, for an infrastructural object: a viaduct*, Master thesis University Twente, Department Civil Engineering, research group Construction Management & Engineering, Enschede, 425 pp.
- Tversky, A. & Kahneman, D. (1986) Rational choice and the framing of decisions *The Journal of Business*, Vol. 59, nr. 4 part 2: The behavioral foundations of economic theory, pp. 2251-s278.
- Tsavidaroglou, M., Al-jibouri, S.H.S., Bles, T. & Halman, J.I.M. (2018) Development of a risk assessment methodology to analyze interdependent critical infrastructures to extreme weather events and climate change, *International Journal of Critical Infrastructure Protection*, Vol 21, pp. 57-71.
- Ulrich, K. (1995) The role of product architecture in the manufacturing firm, *Research Policy*, Vol. 24, pp 419-440.
- Universiteit Twente (2018) *Jaarverslag 2017*, Universiteit Twente, Enschede, 184 pp.
- Van der Heijden, K. (2005) *Scenarios: the art of strategic conversation* (2nd ed.). John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, England.
- Van der Heijden, L. (2015) *De ontwikkeling van een innovatiestrategie voor Van Hattum en Blankevoort*, Afstudeerrapport Universiteit Twente, Vakgroep Construction Management & Engineering, Enschede, 181 pp.
- Van de Ven, A. & Angle, (1989) An introduction to the Minnesota innovation research program. In A. H. Van de Ven, H. L. Angle, & M. S. Poole (Eds.), *Research on the management of innovation* (pp. 3-30). New York: Harper & Row.
- Veenstra, V.S., Halman, J.I.M. and Voordijk, J.T. (2006) A Methodology for Developing Product Platforms in the Specific Setting of the Housing Industry, *Research in Engineering Design* Vol. 17(3) pp. 157-173.

- Voordijk, H., Meijboom B., and Haan, J. de (2003), The concept of modularity in supply chains: a multiple case-study in the construction industry, In: Spina, G., Vinelli, A., Cagliano, R., Kalchschmidt, M., Romano, P., and Salvador, F. (eds.), *One World? One View of OM? - The Challenges of Integrating Research & Practice*, Como, pp. 371-380.
- Vossensteyn, H., Boerd, H. de & Jongbloed, B., (2017) *Chronologisch overzicht van ontwikkelingen in de bekostigingssystematiek voor het Nederlandse hoger onderwijs; Rapport voor de evaluatiecommissie bekostiging prestatiebekostiging hoger onderwijs*, Universiteit Twente, Cheps, Enschede 21 pp.
- Wang, Q. (2008) *Understanding platform-based product development: A competency-based perspective*, PhD thesis Technical University of Eindhoven, Eindhoven, 165 pp.
- Wassink, J. (2018) *Instorten brug Genua gevolg van verkeerde zuinigheid*, Interview met Prof.ir. ob Nijse, hoogleraar draagconstructies aan de TU Delft, 17 augustus 2018, TU Delft, <https://www.delta.tudelft.nl/article/instorten-brug-genua-gevolg-van-verkeerde-zuinigheid>
- Weggeman, M.C.D.P. (1997) *Organiseren met kennis*, Oratie Technische Universiteit Eindhoven, Scriptum Management, Schiedam, 64 pp.
- Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid (2013) *Naar een lerende economie, Investeren in het verdienvermogen van Nederland*, Synopsis van het WRR-Rapport 90, Den Haag, 33 pp.
- Wolters, M.J.J. (2002) *The business of modularity and the modularity of business*, proefschrift Erasmus Universiteit Rotterdam, Rotterdam.
- World Economic Forum (2016) *Shaping the future of construction. A breakthrough in mindset and technology*, May 2016 REF 220416, Geneva, 61 pp.
- World Economic Forum (2017) *Shaping the future of construction. Inspiring innovators redefine the industry*, February 2017, REF 020117, Geneva, 96 pp.
- World Economic Forum (2017) *Shaping the future of construction. Insights to redesign the industry*, White paper March 2017, Geneva, 92 pp.
- Wu, K & Dunning, D. (2017) Hypo-cognition: Making sense of the Landscape beyond one's conceptual research, *Review of General Psychology*, American Psychological Association, 1089-2680/17/\$12.00 <http://dx.doi.org/10.1037/gpr0000126>
- Wijk, R. van (2012) *5 over 12; Hoe Nederland toch sterker uit de crisis kan komen*, Amsterdam United Press, Amsterdam, 200 pp.

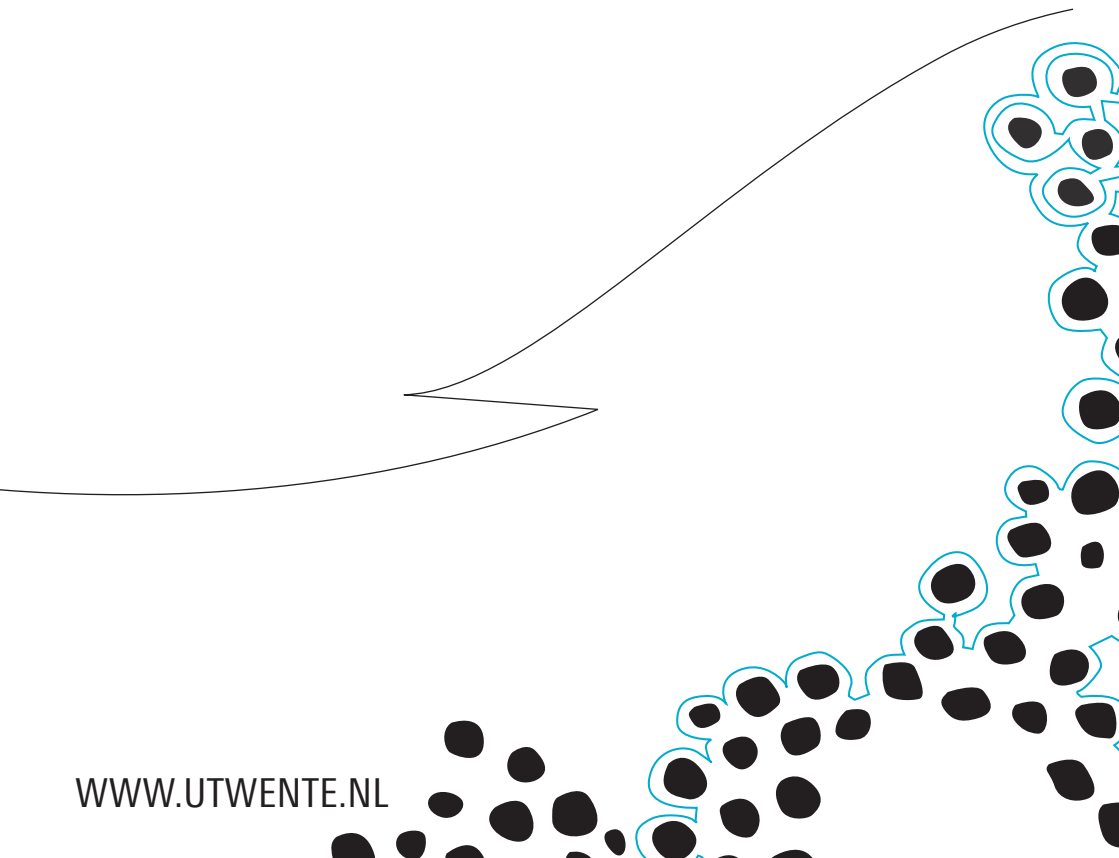
Johannes (Joop) I.M. Halman is hoogleraar Innovatie in de bouw aan de faculteit Construerende Technische Wetenschappen (Engineering Technology) van de Universiteit Twente. Hij is ook houder van de Schlumberger leerstoel in Technologie en duurzame ontwikkeling aan de University of Curaçao. In 2001 was hij Visiting Research Professor aan de University of Washington, School of Business Administration, bij het centrum Technology Entrepreneurship & Innovation in Seattle in de USA en van 2006-2011 Visiting Professor aan de University of Ljubljana, Faculty of Economics in Slovenia.

Halman heeft een masteropleiding in bouwkunde (zowel in Architectuur en in Bouwtechniek) van de TU Delft (1978) en een masteropleiding in bedrijfskunde van de Rotterdam School of Management aan de Erasmus Universiteit (1981). In 1994 behaalde hij zijn doctorstitel aan de Technische Universiteit Eindhoven met de ontwikkeling van de risicodiagnosemethode RDM voor innovatieprojecten. Zijn onderzoekinteresses liggen op het gebied van de organisatie en het management van innovatie en dat van risicomangement binnen en tussen industriële bedrijven en bouwbedrijven. Halman heeft internationale ondernemingen zoals Philips Electronics, Unilever en Shaanxi in China geadviseerd over de organisatie van innovatieprocessen en de applicatie van risicomangement binnen innovatieprojecten. In 2016 heeft hij het Ministerie van Economische Ontwikkeling (MEO) op Curaçao geadviseerd bij het opstellen van een innovatiebeleid voor Curaçao. Samen met het EIB (Economisch Instituut voor het Bouwbedrijf) bracht hij in 2017 het adviesrapport uit "Innovatie in de bouw, Opgaven en kansen" dat als input heeft gediend bij het opstellen van de Nederlandse Bouwagenda.

Voorafgaande aan zijn academische carrière, heeft Halman gedurende een groot aantal jaren gewerkt in de praktijk. Eerst als hoofdingenieur bij de Dienst Openbare Werken op Curaçao en als adviseur van het bestuurscollege op Curaçao en later als hoofd Organisatie & Efficiency van de Rijksgebouwendienst bij de directies Gelderland, Overijssel en Flevoland. Vanuit beide praktijkfuncties heeft hij verschillende bouwprojecten, (re) organisatieprojecten en innovatieprojecten geleid of begeleid. Halman heeft meer dan 175 wetenschappelijke artikelen gepubliceerd, waarvan vele in internationale wetenschappelijk gerefereerde tijdschriften.

Als promotor heeft hij 20 promovendi begeleid en hij maakte deel uit van meer dan 50 promotiecommissies. Als afstudeerdocent heeft hij meer dan 225 masterstudenten begeleid met hun master thesis.

Voor zijn bijdragen in de wetenschap en het behoud van het muzikaal erfgoed van Curaçao werd hij in 2016 benoemd tot ridder in de orde van Oranje-Nassau.



WWW.UTWENTE.NL