

TNO-rapport

2018 S 026 v4

**Vraaggestuurde Programma's
Resultaten 2017**

Raad van Bestuur

Anna van Buerenplein 1
2595 DA Den Haag
Postbus 96800
2509 JE Den Haag

www.tno.nl

T +31 88 866 00 00

Datum 5 april 2018

Auteur(s)

Exemplaarnummer

Oplage

Aantal pagina's 43 (incl. bijlagen)

Aantal bijlagen

Opdrachtgever

Projectnaam

Projectnummer

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2018 TNO

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
2	Topsector Agri&Food	6
2.1	VP Gezonde en veilige voeding	6
3	Topsector Chemie	8
3.1	VP Sustainable Chemical Industry	8
4	Topsector Energie	9
4.1	VP Geo Energy	9
4.2	VP Duurzame Energie	10
4.3	VP Urban Energy-Energo	12
5	Topsector High Tech Systems and Materials	13
5.1	VP Cyber Risk Management & System Resilience	13
5.2	VP Radar & Sensorsystemen	14
5.3	VP Human Health RM Nano	15
5.4	VP Automotive Mobility Systems	16
5.5	VP Space & Scientific Instrumentation	18
5.6	VP High-Tech Semicon	19
5.7	VP Flexible & Free-form Products	20
5.8	VP Sociale Innovatie	20
5.9	VP Environmental Technology	21
5.10	VP HTSM-Bouwinnovatie	22
5.11	VP Embedded Systems Innovation	23
6	Topsector HTSM/ICT	25
6.1	VP ICT	25
7	Topsector Life Science & Health	27
7.1	VP Predictive Health Technology	27
8	Topsector Logistiek en Mobiliteit	29
8.1	VP Betrouwbaar Verkeerssysteem	29
8.2	VP Sustainable Urban Accessibility & Mobility	30
9	Topsector Water	32
9.1	VP Watertechnologie	32
9.2	VP Karakterisering Grondwater	33
9.3	VP Deltatechnologie	33
9.4	VP Maritime & Offshore	34
10	Maatschappelijk Thema Arbeid en Gezondheid	36
10.1	VP Gezond, veilig en productief werken	36
11	Maatschappelijk Thema Duurzame Leefomgeving	38
11.1	VP Duurzaam bouwen	38
11.2	VP Smart Cities	39
11.3	VP Milieu en Duurzaamheid	41

12	Maatschappelijk Thema Maatschappelijke veiligheid.....	42
12.1	VP Veilige maatschappij	42

1 Inleiding

De resultaten van de kennisontwikkeling bij TNO, die mede gefinancierd wordt met de Rijkbijdrage die TNO ontvangt, worden in dit rapport beknopt gepresenteerd.

De kennisontwikkeling van TNO is breed en multidisciplinair en sluit aan op de behoeften van vakdepartementen (maatschappelijke thema's) en van het bedrijfsleven (topsectoren). Daartoe worden Vraaggestuurde Programma's geformuleerd. De kennis- en innovatieagenda's van de topsectoren, geconcretiseerd in de innovatiecontracten, en de strategische kennisagenda's van de departementen zijn het vertrekpunt voor deze Vraaggestuurde Programma's. Met de stakeholders in de topsectoren en de maatschappelijke thema's is de inhoud van de onderzoeksprogramma's afgestemd.

De kennisontwikkeling wordt gefinancierd uit de Rijkbijdrage toegekend aan TNO (Samenwerkingsmiddelen Onderzoek) en substantieel aangevuld met bijdragen uit (inter)nationale onderzoeksprogramma's (EU, ZonMw, RVO), PPS-toeslag, en van bedrijven in specifieke projecten of meerjarige programma's.

Aansluiting van TNO Vraaggestuurde Programma's op externe thema's

Onderstaand overzicht geeft de aansluiting van de Vraaggestuurde Programma's van TNO op de topsectoren (blauw) en maatschappelijke thema's (rood) voor de inzet van de Samenwerkingsmiddelen Onderzoek (SMO). Het genoemde bedrag geeft de omvang van de SMO die TNO inzet op het betreffende thema, zoals opgenomen in het Kennis-en Innovatiecontract 2016-2017.

De doel- en taakfinanciering t.b.v. het Ministerie van Defensie en t.b.v. de Geologische Dienst Nederland (GDN) in het kader van de Mijnbouwwet en Basisregistratie Ondergrond, alsmede de Early Research Programmes (ERP's) zijn hierbij buiten beschouwing gelaten, omdat daarover afzonderlijk aan de overheid wordt gerapporteerd.

Agri&Food (M€ 5,9) P202 Gezonde en veilige voeding
Chemie (M€ 1,6) P603 Sustainable Chemical Industry
Energie (M€ 8,9) P307 Geo Energie P309 Duurzame Energie P505 Urban Energy-EnerGO
HTSM (M€ 32,8) P511 Human Health RM Nano P207 Sociale Innovatie P402 Automotive Mobility Systems P512 Environmental Technology P513 HTSM-Bouw Innovatie P103 Cyber Risk Management & System Resilience P104 Radar & Sensorsystemen P607 Space & Scientific Instrumentation P612 Semiconductor Equipment P615 Flexible and Freeform Products P707 ESI
HTSM/ICT (M€ 4,6) P706 ICT

Life Science & Health (M€ 4,1) P203 Predictive Health Technology
Logistiek (M€ 2,9) P401 Betrouwbaar Verkeerssysteem P514 Sustainable Urban Accessibility & Mobility
Water (M€ 3,9) P504 Watertechnologie P508 Deltatechnologie P310 Karakterisering Grondwater P311 Maritiem en Offshore
Arbeid en Gezondheid (M€ 8,4) (SZW) P204 Gezond, veilig en productief werken
Duurzame Leefomgeving (M€ 5,5) (I&M en BZK) P502 Duurzaam bouwen P509 Smart Cities P510 Milieu en Duurzaamheid
Maatschappelijke Veiligheid (M€ 3,1) (V&J) P102 Veilige maatschappij P105 onderzoeksprogramma V&J

De resultaten van de kennisontwikkeling worden gerapporteerd aan het ministerie van EZK, de topsectoren/TKI's en de vakdepartementen. Voor de rapportage is er met het ministerie van EZK in het platform Instituten TO2 een bindend format afgesproken, het activiteitenverslag. Per Vraaggestuurd Programma is er een rapportage opgesteld conform het format, die wordt toegezonden aan de betreffende regievoerders van topsectoren en maatschappelijke thema's. Een Managing Director bij TNO is verantwoordelijk voor de afstemming met topsector/TKI of vakdepartement en zorgt voor het autoriseren van de rapportage van de betreffende vraaggestuurde programma's.

Afhankelijk van wat de belangrijkste doelgroep is voor de rapportage (bedrijven in het geval van topsectoren en de Nederlandse overheid bij de maatschappelijke thema's) zijn de verslagen in het Nederlands of Engels opgesteld.

2 Topsector Agri&Food

Aan de kennisontwikkeling t.b.v. de topsector Agri&Food wordt door TNO bijgedragen door uitvoering van het VP Gezonde en Veilige Voeding.

TKI	Thema TNO	Vraaggestuurde Programma's
Agri&Food	Gezond Leven	P202 Gezonde en veilige voeding

2.1 VP Gezonde en veilige voeding

Voedsel is cruciaal voor het voortbestaan van de mensheid, maar het is ook een genot voor degene die het eet. Bij de productie van voedsel zijn er grote uitdagingen om voor een groeiende wereldpopulatie voldoende gezond voedsel te produceren zonder hierbij de aarde uit te putten. Daarom heeft dit Vraaggestuurde Programma (VP P202, Gezonde en Veilige Voeding) als doel: *Het bijdragen aan de gezondheid van consumenten door het helpen produceren van veilig, gezond en hoogwaardig voedsel uit flexibele bronnen om het milieu zo min mogelijk te belasten.*

De middelen van het VP zijn in 2017 met name aangewend voor het opzetten van grootschalige publiek-private samenwerkingen (PPS-en). In deze projecten heeft TNO vele nationale en internationale private en publieke partijen aan zich gebonden om gezamenlijk te werken aan de doelen van het VP. Voorbeelden van dit soort PPS-en zijn:

1 Nutrall: Voorkomen van voedselallergie voor nieuwe producten.

Voedselallergie is een belangrijk maatschappelijk probleem. Behandeling bestaat uit het bestrijden van symptomen en het voorschrijven van specifieke allergeen-vrije diëten. Recente resultaten met subcutane en orale behandelingen met allergeen eiwitten zijn veelbelovend. Deze behandelingen gaan echter te vaak gepaard met allergische bijwerkingen en/of lijken geen langdurige bescherming te geven. In dit project zijn methoden ontwikkeld om relevante biomarkers te selecteren die de veiligheid en werkzaamheid goed kunnen monitoren en voorspellen.

2 PPS Resilience: Verbetering van veerkracht door consumptie van volkoren graanproducten

Dit project is erop gericht beter te begrijpen wat de effecten zijn van consumptie van volkoren graanproducten op de gezondheid van consumenten. TNO heeft in dit project samengewerkt met Wageningen Universiteit, Universitair Medisch Centrum Groningen, Nederlands Bakkerij Centrum, Cereal Partners Worldwide, en GoodMills Innovation.

Daarnaast zijn grote strategische samenwerkingen met Wageningen Research doorgezet in 2017. Dit zijn de zogenoemde Strategische Innovatie Programma's (SIPs): "Customised processed food for quality and health" en "Biorefinery for raw material availability and flexibility".

Bovengenoemde en andere PPS-en hebben een schat aan nieuwe kennis opgeleverd die ons helpt om onze maatschappelijke doelen te bereiken en private partners om nieuwe bedrijvigheid te ontwikkelen.

In verband met de overdracht van het voedselonderzoek van TNO naar Wageningen Research is het huidige VP per 31-12-2017 beëindigd. Een afdeling van TNO (Functional Ingredients) is hiertoe overgedragen aan Wageningen Research. TNO zal haar kennis en kunde voortzetten op het gebied van Gezondheid, waar voeding en leefstijl een integraal onderdeel van uitmaken.

3 Topsector Chemie

Aan de topsector Chemie wordt door TNO vanuit het thema Industrie bijgedragen met het VP Sustainable Chemical Industry.

TKI	Thema TNO	Vraaggestuurde Programma's
Chemie	Industrie	P603 Sustainable Chemical Industry

3.1 VP Sustainable Chemical Industry

In 2017 the VP Sustainable Chemical Industry continued in the direction set in 2016 and achieved important results in terms of knowledge development in the two subprograms Green Chemistry and Smart Materials. Furthermore, TNO actively reinforced collaborations with industry and academia through three Public Private Partnerships: Brightlands Materials Center (BMC), Biorizon and VoltaChem.

Main results for BMC were 1) the demonstration of the 15 litre scale pilot plant with real-time monitoring and control of size for production of functional nanoparticles, 2) the production of polymer foil prototypes, whose optical properties are functionalized with nanoparticles from the above pilot plant and 3) the 1st phase of equipment was installed for the lightweight automotive test lab, molds were designed produced and used, and activities in materials recycling were accelerated.

Highlights for Biorizon were 1) the demonstration of biphasic reactor for conversion of C5-sugars into furfural at a scale of 1-10 L/hr, 2) the construction and delivery of the continuous Diels-Alder reactor, 3) kilogram samples of functionalized bio-aromatics to partners and their promising results from application testing and 4) the finalization of acquiring program funding for Biorizon, as co-investment of Biorizon and the Province of Noord-Brabant.

The most important results for VoltaChem are 1) detailed techno-economic insight in the short- and long-term opportunities of electrification and electrochemistry options in the Netherlands, 2) demonstration of the electrochemical HMF to FDCA conversion technology, newly developed electrochemical biobased conversions of Lactic, Valeric and Glycolic Acid and hydrogen peroxide production and 3) development of high pressure testing equipment for electrochemical CO₂ reduction towards Formic Acid.

4 Topsector Energie

De ambitie van het thema Energie van TNO is om samen met kennisinstellingen, bedrijven en de overheid de energietransitie te versnellen zodat Nederland in 2050 een energiehuishouding zonder CO₂-emissies heeft. De energietransitie biedt het Nederlands bedrijfsleven ook de kans om voorop te lopen en hun innovatieve producten te exporteren en zo wereldwijd bij te dragen aan de energietransitie. TNO draagt actief bij aan het topsectorbeleid, met name met de speerpunten 'gebouwde omgeving die energie geeft', 'hybride energiesystemen', 'ondergrond als bron en buffer van duurzame energie', 'gas op maat' en 'sociale innovatie'. Met als vertrekpunt de innovatieagenda's van de Topsector, de strategische kennisagenda's van de departementen en de specifieke deskundigheid van TNO worden door het thema Energie een drietal VP's uitgevoerd te weten: Geo-Energie; Duurzame Energie en Energie Gebouwde Omgeving (Energo).

TKI	Thema TNO	Vraaggestuurde Programma's
Nieuw Gas	Energie	P307 Geo Energie
Urban Energy	Energie	P309 Duurzame Energie
Urban Energy	Leefomgeving	P505 Urban Energy-EnerGO

4.1 VP Geo Energy

The demand-driven Geo Energy (VP-GE) program focuses on the development of applicable knowledge, new technology and innovative solutions for the use of the Dutch subsurface in the energy system and the associated (also above ground) infrastructure, as well as emerging gas sources such as biogas and hydrogen, which will play a role on this infrastructure.

Traditionally, these developments have been very much aligned with the needs of the gas industry and its infrastructure. However, with the ongoing energy transition, the Dutch subsurface (and possibly also the gas transport network) is foreseen to play a different role in the energy system. From the subsurface sole use as a source of gas, it is foreseen to evolve into a heat source, as well as a buffering system and a storage place, either for energy (for example in the form of heat or compressed gases) or for waste (for example CO₂). The technical challenges associated to these new roles need to be addressed, and TNO has been asked to do so by developing the adequate knowledge base to be able to support this burgeoning new industry.

Most of the knowledge developed in this program has applications in various domains. For example, knowledge built-up on the efficiency of radial drilling for tight gas fields is now used in a European project to apply it to increase the efficiency of geothermal energy production, same goes for knowledge on scaling buildup in gas wells, now applied for geothermal wells. Knowledge built up in the Geiser H2020 project on induced seismicity for geothermal fields, was used to advise on seismicity induced by depletion of gas fields such as the Groningen field and can later be applied to energy storage. With this in mind, key developments pursued this

year are briefly described below, with more details given in their respective project reports.

In addition to this and in preparation for the establishment of the research program in 2018, there has been consultation with key stakeholders, and TKI Gas and EZ. On the basis of this consultation, it was concluded that continued shift in emphasis toward alternative (to gas production) uses of the Dutch subsurface is needed, similar to what was applied in 2017.

Results obtained in this program concern e.g., tools that allow robust and optimal design of dynamic, multi-objective energy systems; modeling techniques that help to explore re-use options in the Dutch North Sea; innovative catalysts for the capture and utilization of CO₂ and tools to diagnose (and remediate) production issues at geothermal operators (like leakage of wells, blockage of wells due to scaling and corrosion).

	Gas	Clean/renewable gas/LNG	CCUS	Geothermal / Energy storage	Re-Use & Decommissioning
Identification and characterization of subsurface sources & sinks/buffers					
Prod. optimization					
Forward modelling flow/thermal/geo(chemistry) processes					
Dynamic network modelling					
Innovative chemistry (separation, gas treatment, etc)					
Conversion of gas / energy					
Subsurface / infrastructure integrity					
Integrity & production monitoring					
Economic / system concepts					
Risk assessment					
New materials					

Table 2. Knowledge development with multiple application areas relevant to the energy transition

4.2 VP Duurzame Energie

Het Vraaggestuurde Programma Sustainable Energy van TNO is gericht op een onomkeerbare transitie van een fossiel naar een duurzaam energiesysteem. Het programma richt zich op de duurzame aspecten van de transitie van hybride energiesystemen, op de technologische innovaties voor flexibele inzet van duurzame bronnen, opslag en conversie aan de ene kant, gecombineerd met sociale innovaties aan de andere kant. Het programma ontwikkelt voor een breed scala aan belanghebbenden de middelen voor het faciliteren en stimuleren van besluitvormingsprocessen en investeringsbesluiten over de planning, ontwerp, uitrol en operationalisatie van hybride energiesystemen.

Binnen de Topsector Energie werkt TNO samen met de TKI Urban Energy. In het bijzonder wordt binnen het programma bijgedragen aan de TKI programmalijnen: Multifunctionele bouwdelen (energieneutraal maken van de gebouwde omgeving door grootschalige implementatie van duurzame energiesystemen), Energieregelsystemen en –diensten (verhogen van de waarde van lokaal opgewekte duurzame energie met behulp van energieregelsystemen), Flexibele energie-infrastructuur (verhogen van de bijdrage van de energie-infrastructuur aan duurzaamheid door grotere flexibiliteit in het energiesysteem), en aan

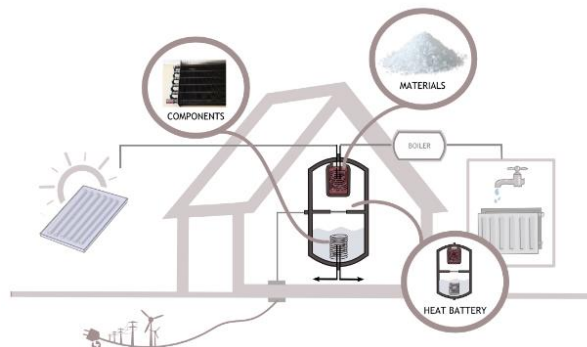
Systeemintegratieonderwerpen (integrale benadering van de ontwikkelingen en interacties van aanbod van energie, de behoefte aan energie en de infrastructuur met opslag en conversiefuncties). Langs deze programmalijnen en -onderwerpen zijn in 2017 belangrijke ontwikkelingen gerealiseerd. In het bijzonder is een aantal meerjarige innovatieprogramma's opgezet die de verschillende onderwerpen in de transitie adresseren en werken aan het opstellen van afwegingskaders: Sustainable Communities, Energy Agility, Heating and Cooling, Investors program en Asset Management. Daarnaast is binnen het samenwerkingsverband ESTRAC gestart met de projecten Integrale Systeem Analyses, gericht op nationale transitie en Regionale Energie Transformaties, gericht op gebiedsgerelateerde transformaties van energiesystemen. In 2017 is gewerkt aan een grondige herziening van de basis en ook aan functionele uitbreidingen van instrumenten (o.a. DIDO tooling) voor planmatige en modelmatige analyses van energiesystemen. Voor het Solaroad concept is in het afgelopen jaar sterk gewerkt aan het vastleggen van IP van TNO in de vorm van patenten. Met het nSquare-concept voor labelen van energie is in 2017 een belangrijke aanzet gedaan voor het openen van energiemarkten voor veel meer partijen en het realiseren van een grotere keuzevrijheid voor eindgebruikers van de soort energiediensten die ze willen afnemen. In de in 2017 geopende Hybride Systeem Integratie faciliteit (HESI), op het EnTranCe terrein in Groningen, ondersteunt TNO bedrijven om nieuwe energietechnologieën en – processen versneld op de markt te kunnen brengen. Er is veel belangstelling voor HESI en diverse bedrijfsdelegaties hebben interesse getoond. HESI is toegetreden tot DERlab, het Europese samenwerkingsverband van smart grid labs en is virtueel verbonden met het Amerikaanse National Renewable Energy Laboratory (NREL). Door de groeiende toename van duurzame energiebronnen in de energievoorziening is de beschikbaarheid van energieflexibiliteit een belangrijke factor voor een stabiel en betrouwbaar energiesysteem. In 2017 is binnen het programma op verschillende manieren aan inzet en economische waardering van flexibiliteitsdiensten gewerkt. Hoogtepunt was FLEXCON 2017, de mede door TNO vanuit FAN (Flexible Power Alliantie) georganiseerde, eerste Europese conferentie die geheel aan energieflexibiliteit gewijd was.

Concrete resultaten in 2017 betreffen o.a. een eerste prototype van de DIDO modeleringstool die voor een aantal actoren in het energiesysteem de beslissingen over investeringen inzichtelijk maakt en een innovatief marktmechanisme waarbij gebruikte energie ook daadwerkelijk kan worden gecertificeerd aan momentaan geleverde energie.

In 2018 wordt de huidige invulling van de programmering gecontinueerd in de nieuwe unit ECN van TNO. Voor deze nieuwe unit zijn roadmaps in de maak die mede vorm zijn gegeven naar de recente ontwikkelingen bij overheid en topsectoren: de transitiepaden (kracht en licht, lage-temperatuur-warmte; hoge-temperatuurwarmte; en mobiliteit), het thema systeemintegratie binnen de Topsector Energie en verschillende TKI's.

4.3 VP Urban Energy-Energy

Een batterij om warmte in op te slaan die de zon 's zomers levert om huizen en gebouwen in de winter te verwarmen. TNO is er met Europese wetenschappelijke partners en bedrijven als eerste in geslaagd een werkend prototype op te leveren. Over een aantal jaren moet deze duurzame oplossing een belangrijke bijdrage leveren aan energiebesparing en minder CO₂-uitstoot in de gebouwde omgeving.



Schematische weergave van het basisconcept: een warmtebatterij (midden) gevoed door bv. warmte van zonnecollectoren of elektriciteit van wind- of zonne-energie (Bron: CREATE).

In de zomer opgewekte zonne-energie zou je het liefst opslaan in een batterij zonder dat er enig verlies optreedt en die gebruiken om je huis in de winter te verwarmen. Opslag van warmte betekent een belangrijke stap in het energieneutraal maken van woningen en het bevorderen van grootschalig gebruik van duurzame energie. In verschillende projecten wordt hoofdzakelijk gewerkt aan twee uitvoeringsvormen van warmte-opslagtechnologie: thermochemische opslag (reversibel hydrateren en dehydrateren van zouten, een sorptiereactie) en chemical looping combustion (reversibel oxideren en reduceren van metalen, een redox reactie). Beide vormen van opslagtechnologie bieden kansen voor het verliesvrij en compact opslaan van warmte- en/of elektriciteitsoverschotten op langere termijn, elk met hun eigen voor- en nadelen.

Het onderzoek richtte zich in 2017 dan ook op beide vormen van warmteopslag. Binnen Energo zijn in 2017 twee onderzoeksreactoren opgeleverd en getest; enerzijds binnen CREATE de zogenoemde '1-kg reactor', anderzijds in COMPAS-2 de 'keramische redoxreactor', beide kleine-schaal warmtebatterijen. De '1-kg reactor' is gevalideerd en wordt gebruikt voor verdere optimalisatie van materialen en warmtewisselaars, voordat tot verdere opschaling wordt overgegaan. In de 'keramische redoxreactor' is reactie met 100% waterstofgas succesvol gebleken, en ook het principe van operatie met slechts het interne verwarmingselement werkt. Voor thermochemische opslag is hiertoe aansluiting gezocht bij IEA SHC/ECES taak 58 annex 33 "Material and Component Development for Thermal Energy Storage".

5 Topsector High Tech Systems and Materials

Een groot deel van de kennisontwikkeling van TNO is gericht op de versterking van de concurrentiepositie van het (Nederlandse) bedrijfsleven. Vanuit verschillende thema's van TNO wordt daarom bijgedragen aan de roadmaps van de topsector HTSM. Het belangrijkste TNO-thema voor HTSM is Industrie, maar ook vanuit de thema's Defensie en Veiligheid, Leefomgeving en Gezond Leven komen resultaten van de kennisontwikkeling ten goede aan de doelstellingen van HTSM-roadmaps.

TKI	Thema TNO	Vraaggestuurde Programma's
HTSM	Defensie en Veiligheid	P103 Cyber Risk Management & System Resilience
HTSM	Defensie en Veiligheid	P104 Radar & Sensorsystemen
HTSM	Leefomgeving	P511 Human Health RM Nano
HTSM	Leefomgeving	P402 Automotive Mobility Systems
HTSM	Industrie	P607 Space & Scientific instrumentation
HTSM	Industrie	P612 Semiconductor Equipment
HTSM	Industrie	P615 Flexible and Freeform Products
HTSM	Gezond Leven	P207 Sociale Innovatie
HTSM	Leefomgeving	P512 Environmental Technology
HTSM	Leefomgeving	P513 HTSM-Bouw Innovatie
HTSM	Industrie	P707 ESI

De aansluiting van de TNO VP's op de roadmaps van HTSM is gegeven in onderstaand overzicht.

VP \ HTSM-roadmap	Security	Components and Circuits	Smart Industry	Automotive	Nanotechnology	High Tech Materials	Space	Advanced Instrumentation	Semiconductor Equipment	Solar	Printing	Lighting	Embedded Systems (ESI)	Healthcare	ICT
VP Cyber Risk Management & System Resilience															
VP Radar & Sensorsystemen															
VP Sociale Innovatie															
VP Automotive Mobility Systems															
VP Human Health RM Nano															
VP Environmental Technology															
VP HTSM-Bouw Innovatie															
VP Space and Scientific Instrumentation															
VP High-Tech Semicon															
VP Flexible and Freeform Products															
VP ESI															
VP ICT															

* geormerkt t.b.v. QuTech

5.1 VP Cyber Risk Management & System Resilience

Digitale veiligheid is een essentiële voorwaarde voor een welvarende samenleving en een sterke economie. Het programma Cyber Risk Management & System Resilience levert een significante bijdrage aan het digitaal veilig en weerbaar maken van Nederland. Het versterken van de kennispositie ondersteunt de internationale

concurrentiepositie en draagt bij aan het kunnen verzilveren van de economische kansen. Highlights in 2017 zijn de operationele ingebruikname van het Cyber Threat Intelligence Lab, een beoordelingsmethodologie voor security- en technologieproducten, een raamwerk en handelingsperspectieven voor cybergedragsverandering, een strategie en oplossingen voor het veilige gebruik van blockchaintechnologie, een model en basisset van capaciteiten voor cyber capacity building, methoden en tools voor het beveiligen van smart electricity grids, en oplossingen voor een digitaal veilige financiële sector. Innovaties, methoden, demonstrators en tools als deze, die samen met en voor partners zijn ontwikkeld, dragen bij aan de realisatie van praktische oplossingen voor actuele en toekomstige digitale dreigingen.

In de periode 2018-2021 richt het programma zich op cyber security & resilience concepts, cyber security monitoring & detection, automated security, online security & fraud en cyber secure behavior. Tevens worden de capaciteiten ten behoeve van cyber perspectives (het vooruit kunnen kijken) en van training-, simulatie- en testomgevingen geïntensiveerd. Het programma versterkt de inhoudelijke ambitie van de maatschappelijke uitdaging 'Veilige Samenleving', in het bijzonder het strategische doel van digitale veiligheid.

5.2 VP Radar & Sensorsystemen

The TNO applied research carried out in this VP is reported in the HTSM Roadmap Security and in the HTSM Roadmap Components and Circuits. The VP consisted in 2017 of the following program lines:

- National Roadmap *Radar en Geïntegreerde Sensorsuites 2010-2020* (66% of the VP);
- Mission Critical Systems (7% of the VP);
- Sensors and Systems for Security (15% of the VP); and
- Technology for Passive Sensors (12% of the VP);



The program for the HTSM Roadmap Security focussed in 2017 on many national and international projects that contributed to the national Roadmap *Radar en Geïntegreerde Sensorsuites 2010-2020* and in particular to the sensor suite for the next generation of frigates of the Royal Netherlands Navy. A major highlight in 2017 was the start of the development of an Evolution Design Model (EDM) of the sensor suite in a PPP with industry and the Ministry of Defence. A follow-up roadmap *Roadmap Radar & Geïntegreerde Sensorsuites 2030* is drafted in 2017 and approved by the Steering Committee of the *Platform Nederland Radarland* on 20 September 2017 and defines the joint R&D priorities until 2030. Significant efforts are undertaken in 2017 to align the activities with the HTSM Societal Theme Security.

TNO has a long standing world-class position in the area of the design of monolithic microwave integrated circuits (MMICs) for radar. The activities in 2017 in the HTSM Roadmap Components and circuits were focused on the design and realization of various MMICs on GaAs, GaN and SiGe semiconductor technologies. In particular for the development of the new generation radars and for 5G communication systems. MMIC technology has a



major impact on cost, functionality and performance. A breakthrough is an entirely new class of integrated limiters that has been invented and matured. The first samples of industrial limiter products based hereon are integrated in sensors as of today (picture on the right).



Mission Critical Systems are very complex software-intensive management systems and are crucial for carrying out successfully operational missions in the defence/security area. The H2020 project MARISA is a typical example. The overarching goal of MARISA is to provide the security communities operating at sea with a data fusion toolkit,

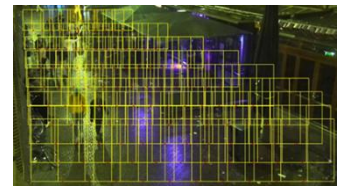
which makes available a suite of methods, techniques and modules to correlate and fuse various heterogeneous and homogeneous data and information from different sources, including Internet and social networks.

The topic *Sensors and Systems for Security (S3)*

completed in 2017. The activities included:

developing systems for bodycams; detecting deviant behavior for assessing the veracity of statements; robust upscaling for large-scale deployment of Video Content Analysis (VCA); personal area network for wearables devices; and security systems for surveillance and security in complex environments. A 2017 highlight is the automatic detection of aggression in video.

The picture shows candidate bounding boxes for passers-by by a semi-automatic assessment of camera orientation. The purpose is to develop video analytics with a constant, higher accuracy.



The program line *Technology for Passive Sensors* focused in 2017 in particular on image processing to support Dutch SME's. For example EXIST, a project in the scope of ECSEL, is on R&D into new technologies for innovative CMOS image sensors for several application domains.

5.3 VP Human Health RM Nano

Because nanomaterial safety and (European) safety regulation agreements are currently stagnated in the absence of a clear definition for nanomaterials/nanotechnology, environment, health and safety regulation continue to put pressure on industry. The public currently also remains unsure about nanomaterials/nanotechnology and potential human health risks, while they would benefit greatly from the use of nanomaterials in innovative materials, products and applications. In order for the industry in Europe and the Netherlands to be able to compete with nanomaterial research and production in Asia and other parts of the world, reliable tools, guidance and training for proper risk assessment, risk management and communication of these risks during and after product innovation are necessary to assist industry in their decision making during product innovation. TNO has invested in this VP Human Health Nano in the development of innovative tools, guidance and training to support safe innovation and risk governance for innovative SME, sector organizations and industry in the absence of clear guidance and regulations.

The activities of VP Human Health RM Nano in 2017 consisted of various EU projects (NanoREG2, GUIDEnano, SUN, FutureNanoNeeds, NanoFase, CaLIBRAte, EC4SafeNano, NanoStreeM). These projects have contributed to the development of various innovative risk assessment models into a toolbox

containing: LICARA nanoSCAN, Guidenano Tool, SUN Decision Support System, NanoSafer 1.1, ANSES, Stoffenmanager nano, NanoRiskCat, Swiss Precautionary Matrix, Control Banding Nanotool and the Future nano Needs Bayesian belief network. A selection of these existing HRA tools was mapped on industrial stakeholder criteria and sensitivity analysis was performed on the models with the best stakeholder criteria fit to identify the most sensitive model parameters. Safe-by-Design (SbD) and Safe Innovation principles have been developed and linked to the regulatory process. The toolbox of risk assessment tools has been tested in the semiconductor industries. TNO is also responsible for coordinating the inventory of tools or methods, trainings, standards, SOPs and Guidance or Best practice documents in Europe. Through the participation of TNO, also the Dutch Nanocentre (www.nanocentre.nl) is connected to this European EC4SafeNano initiative, as an example of a national nanosafety platform. In addition, TNO leads the technological innovation (related to nanomaterials) network.

Reliable advice on potential health risks versus the benefits and how to manage these risks during early stages of innovation will enable industry to find investors and insurers that take the risk to develop the much needed nanomaterial pilot plants, and scale up / product launch facilities in Europe. Consensus on potential risks help to influence the risk-perception of the public regarding nanomaterials and increase their market value and help companies in anticipating potentially conservative regulations. Clear conclusions and communication on nanomaterial health risks are now necessary for the commercial success of nanomaterial innovative research and implementation in Europe.

5.4 VP Automotive Mobility Systems

Het VP Automotive Mobility Systems is onderverdeeld in twee samenhangende deelprogramma's:

1. Automated Driving:

Het belangrijkste doel binnen dit deelprogramma is om de verkeersveiligheid en de doorstroming op wegen te verbeteren door geautomatiseerd rijden in complex verkeer op de openbare weg veilig en mogelijk te maken. Dit doen we door zowel onderliggende technologieën te ontwikkelen, als methodologieën om efficiënt (besparing van tijd en kosten) systemen te ontwikkelen en te valideren. Belangrijk hierbij is de impact en toegevoegde waarde van geautomatiseerd rijden te laten zien, waarbij aspecten als gedrag van de gebruikers en andere verkeersdeelnemers, de samenleving, business en wet- en regelgeving in het geheel worden meegenomen.

In 2017 zijn de volgende resultaten bereikt:

- Harmonisatie van field operational tests in EU afgestemd en de EU agenda voor geautomatiseerd vervoer op de voor AD belangrijke technische en niet technische onderwerpen afgestemd.
- Afronding en demonstratie van truck platooning in het Ecotwin III project.
- Database "Streetwise" opgezet waarin real-world snelweg scenario's zijn opgenomen waarmee automated driving functies kunnen worden ontwikkeld en gevalideerd.
- Pilots met connected en hoog geautomatiseerde voertuigen voor het vervoeren van mensen en goederen.

- Ontwikkeling van veiligheidsconcepten om de verkeersveiligheid van zwakke verkeersdeelnemers, zoals fietsers, te verbeteren.



2. Low Carbon Heavy Duty Transport:.

Het belangrijkste doel binnen dit deelprogramma is om technologieën, methodologieën en tools te ontwikkelen die bijdragen aan de realisatie en toepassing van hoog efficiënte verbrandingsmotoren en volledig elektrische aandrijflijnen. Hiermee kan de CO₂ uitstoot met 20% worden gereduceerd en de NO_x uitstoot met 90% ten opzichte van de huidige dieselmotoren voor zwaar transport.

Dit doen we door enerzijds het verbrandingsrendement van motoren te verbeteren en anderzijds complete voertuigvloeden in een stedelijke omgeving te optimaliseren in de transitie naar volledig elektrisch vervoer.

In 2017 zijn de volgende resultaten bereikt:

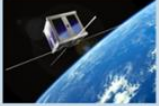
- Implementatie van een kosten-baten assessment module om bij zware vrachtwagens, regionaal en stedelijk logistiek vervoer en publiek stedelijk transport het optimum voor energieverbruik en CO₂ emissie te bepalen.
- Database ontwikkeld, gevuld met meetdata van vrachtwagens en schepen. Daarbij een gestandaardiseerde aanpak om data te importeren, exporteren en te analyseren.
- 10-pager duurzame mobiliteit voor Ministerie IenW opgesteld.
- LNG/CNG studie (Scania en IVECO truck bij AHOLD gemeten) uitgevoerd en aangetoond dat CO₂ emissie van een LNG/CNG voertuig vergelijkbaar is met conventionele diesel.
- De MEO modellen geoptimaliseerd door het meten van vrachtauto's in rijdend Amsterdam.
- Ontwikkeling LF truck demonstratie platform met een interactieve HMI (snelheid advies, stoplicht status) en model based controlled energie optimalisatie door ingrijpen in de vermogensvraag van de aandrijflijn in de LF truck.



5.5 VP Space & Scientific Instrumentation

Over the past decades TNO has obtained an acknowledged position as a relevant player in the field of technology development for Space and Scientific Instrumentation, both in the Netherlands and abroad. This position has been achieved and maintained by a multi-annual R&D program, supporting three main research lines (see **Error! Reference source not found.**):

1. Earth Observation (optical and radar)
2. Scientific Instrumentation (space-borne and ground-based)
3. Laser Satellite Communication

		Instrument line		
		Earth observation	Scientific instrumentation	Laser satellite communication
Customer chain	ESA and its supply chain			
	Scientific market (ESO, ITER, CERN, ...)			
	Commercial market			

Space and Scientific Instrumentation, main areas of R&D.

Earth Observation (EO)

In support of the Sentinel-5 project we have made considerable progress in the development of both optical and mechanical Ground Support Equipment (GSE). Due to ESA's geo-return policy, there is a trend that larger instruments are divided into smaller subsystems, built in different countries. Building an imaging spectrometer, such as Sentinel-5 UV1, without a telescope or a detector requires a completely new verification approach and corresponding GSE.

New and very compact Earth Observation spectrometer designs have been realized and tested on-ground: 'Spectrolite' within the EFRO framework and in collaboration with Airbus DSNL, ISIS and S[&]T and 'HIGS' in close cooperation with KNMI. These new instrument concepts were developed jointly with corresponding data analysis and atmospheric modelling systems.

Scientific Instrumentation

In the space domain we put a strong focus on ESA's LISA mission, which consists of three individual satellites to observe gravitational waves. The constellation is dynamic and will require constant fine-tuning related to the pointing of the laser links between the spacecraft and refocusing of the telescope. To achieve this we have designed several opto-mechatronic actuator designs. In the field of ground-based instrumentation we continued our R&D efforts with regard to Adaptive Optics and a new Deformable Mirror (DM). Based on the first dynamic tests in the lab, a new design with improved dynamical performance was made. In cooperation with Sterrewacht Leiden we started with the support of two PhD projects on the use of Adaptive Optics (AO) for exo-planet imaging. In close collaboration with NIKHEF we intend to positioning ourselves (and our industrial partners) within KM3NeT: the proposed cubic kilometre-sized European neutrino Cherenkov telescope in the

Mediterranean Sea. And within the field of Nuclear Fusion we performed successful R&D with regard to both plasma cleaning, a RF Powerline and diagnostic instruments.

Laser Satellite Communication

Our main efforts in this emerging field took place in the first (preliminary design) phase of the multi-annual ESA ARTES project 'Demonstrator for high-throughput optical communication'. The main objective of the ARTES project is to design and manufacture a commercially viable product that meets the requirements of Geostationary Feeder Links for the next generation of High Throughput Communication Satellites.

5.6 VP High-Tech Semicon

The semiconductor industry provides the enormous amounts of computing power required for all solutions to the societal challenges (big data analysis, artificial intelligence, 5G connectivity, etc.). On the short term the industry needs EUV lithography and TNO helped the industry by developing a unique facility called EBL2 to investigate interactions between EUV radiation and materials. In parallel TNO addressed the main challenges for the coming years: metrology. Industry is in need to measure the position of structures relative to underlying patterns with nanometer accuracy. TNO was sponsored by leading companies to develop concepts based on Scanning Probe Microscopy, and TNO's spin-off company dedicated to this technology received investments from the leading semiconductor company in the world, Samsung.



The recently built EBL2 facility in the cleanroom of the VLL.

TNO developed the first quantitative retinal imaging system, aimed for non-invasive early detection of both eye and systemic diseases by means of quantifying the light scattering and absorption properties of retinal tissue. TNO's technology for early detection of cancer in the upper aerodigestive tract, again an non-invasive optical technique, became ready for clinical tests.

Next to this TNO participates in multiple Smart Industry Fieldlabs. These collaborations aim for significant improvement in productivity for the Dutch industry, while reducing waste and supporting sustainable work force health. An example of innovation on the edge of technology and social innovations can be found here: <https://youtu.be/OuJRs6HN3gY>.

Finally, this TNO supports QuTech on the development of quantum computing and quantum internet. A new architecture for fault-tolerant quantum computing based on

transmon qubits was designed, and a first system design studies for quantum internet was finished. Full progress of this program is reported by the ERP001 'quantum computing/internet' and in the QuTech year report.

5.7 VP Flexible & Free-form Products

TNO's Roadmap 'Flexible and Freeform Products' aligns with three Dutch Topsector Roadmaps: 'Components and Circuits' (with our focus on flexible electronics, pursued in Holst Centre), 'Printing' (with our focus on additive manufacturing, researched by AMSYSTEMS Center) and 'Solar' (with our focus on thin-film photovoltaics, the focus area of Solliance).

Components and Circuits: the demand for flexible and lightweight electronic systems continues to increase. In 2017 we developed technology for wearable medical devices such as skin patches, smart garment, human-machine touch interfaces (e.g. for automotive), flexible large area displays, (medical) imagers, high-density fast rechargeable thin-film batteries and flexible lighting systems.

Printing: to accelerate innovation in additive manufacturing, with Eindhoven University of Technology we founded AMSYSTEMS Center, developing next generation additive manufacturing production equipment. AMSYSTEMS Center targets high-tech applications, 3D printed electronic devices, 3D pharma, 3D printed food and healthcare applications, with spin-off to other markets. We established the Smart Industry Fieldlab 'Multi-M3D' and prepared for a 3D Printing pilot line ('PrintValley2020') to be operated at the Brainport Industries Campus (BIC).

Solar: within Solliance we further developed two types of thin-film solar cells (Perovskite PV and CIGS PV) and technologies to integrate these in building components and transportation means. We established three Perovskite PV efficiency world records: with 15x15 cm modules on glass, with the same on PET and with IR transparency of semi-transparent PV (allowing for 'tandem' application on top of commercial Si solar cells). We achieved CIGS solar cell efficiencies up to 15.4% using a low-cost electrochemical deposition process. A 'back-end interconnection' process was further developed, enabling manufacturing of solar cells in any shape. Sheet-to-sheet 'Spatial ALD' equipment for deposition of atom-thickness layers was made operational. Applications of thin-film PV integrated in façade and roof elements were developed together with industry.

5.8 VP Sociale Innovatie

Smart Working is a subprogram of the (HTSM) Smart Industry initiative. Smart Working focuses on the situation of the operator in Smart Industry work settings. Improvements in the work situation of the operator act as an enabler for Smart Industry. Two major context developments are central for the subprogram: robotization and digitization. The program tries to develop solutions with companies to deal with changes in the work situation of operators. Smart Industry leads to ever critical processes in companies: better performing operators are crucial to support these processes. The projects are focused on robotics, cobotics, cognitive support systems, use of digital information in work settings. Operators need to have a maximum of autonomy to decide to use these tools in the work settings. This helps

to generate the required knowledge and skills to deal with the necessary changes. The projects therefore create solutions that take account of physical and psycho-social demands on operators. This means solutions at the workplace level (exoskeletons support, augmented reality guidance for operators, models to adapt systems) and at the organizational level (workplace innovation, lean systems). Scientifically, the program connects different social-scientific and engineering perspectives to support operators in the new environment. The program goes further than just technology-assessment (Van Est & Kool, 2015). The program includes designing work settings and organizational designs. For the success of the program, the disciplines human factors, organizational sciences and technical sciences need to work in concert on solutions (O'Sullivan en De Looze 2010; De Looze e.a. 2015). Next to a new set of projects, the program invested into Fieldlab environments and a small lab environment for testing operator support systems, exoskeletons and cobotic workplaces.

In 2017, several sub-programmes have been finalised. The results can be summarized along four lines.

The CORTEXS-project delivered a programme for the Flemish minister of health on the main components for integrated care for chronic patients. The TNO-input was to deliver a taxonomy of integrated care models that will be used as a framework for the development of a Flemish model. TNO also delivered a concept of supporting self-management with information tooling for chronic care patients. In the major integrated care projects, such a support of self-management of the patient is non-existent or, at best, not connected to support from care givers. The CORTEXS-project shows how this can be done.

The SI-DRIVE-project was finalized with social innovation models for seven policy areas (employment, mobility, energy, health and social care, education, sustainable development, poverty). Social innovation requires a multi-pronged support policy, directed at civil society actors, public agencies and market parties. The SI-DRIVE-projects describes practical tooling to achieve this. The basis for this project was the development of a 1000-case database.

A third set of projects is focused on workplace innovation actions such as intrapreneurship, innovation at the workplace and the development of a fieldlab workplace innovation. These projects have focused on finding the right instruments for improving the innovation performance within companies. For the coming years, a working programme has been developed with the Human Capital Table Logistics to improve working practices and skill development in companies.

A fourth line of projects are directed at using our knowledge on human-machine interaction to improve the use of robotic tooling in the workplace. Our projects have tackled the several dimensions of new robotics: exo-skeletons, cobotics and operator support systems. The projects have lead to new standards to develop such robotics in a way that operators can use these systems in a human adapted way, but also to improve the smarter use of such systems.

5.9 VP Environmental Technology

The research in the 'Environmental technology' program supports the transition in company and citizen involvement in the responsibility for environmental sustainability. This P512 program is part of two larger roadmaps, Sense4Environment (S4E) and Circular Economy (CE) that also linked with investments under P510 Environment and Sustainability. Both programs support

the transition to sustainability by developing methods and tools to quantify sustainability impacts, thereby orchestrating innovation.

In Sense4 Environment the goal is to continue to develop and validate materials for low-cost, wearable, reliable and highly sensitive sensors for air pollution, for example for benzene. In 2017, a detection range of 100 ppb was achieved for the benzene sensor. This makes the sensor applicable for application in health exposure and safety applications and further developments in 2018 will be pursued with commercial partners. Other sensor developments for small particulate matter and other air quality relevant substances have led to cost reduction and increased applicability of the sensors for the intended measurements, for example due to increased mobility or decreased weight.

In Circular economy knowledge is developed for disruptive technologies that fit in the concept of a Circular Economy, as is to improve technical feasibility and economic and environmental advantages. In 2017, we have continued the research on the utilisation of waste flows in the built environment, such as incinerations ashes or end-of-life wooden building products. The achieved proofs of concept were essential to involve other parties into the further development in 2018. In addition, to support the transition table 'plastics' from the Rijksbrede programma, we made in 2017 the first outline of a roadmap for chemical recycling of plastics.

5.10 VP HTSM-Bouwinnovatie

Construction materials

The research focuses on stony materials based on waste materials (slag, fly and bottom ashes, demolition waste), and on lower water and energy consumption. A major challenge for the evaluation of new products is the evaluation of long-term performance. Since it is not self-evident that the existing techniques for determining long-term performances of traditional materials are applicable for new products based on waste materials, physical-chemical mechanisms were investigated which determine the performances of these materials. Especially the mechanisms relevant for alkali activated binders have been further unraveled.

Asphalt

A model has been developed for evaluating the performance of open road surface mixtures taking into account temperature changes and traffic loads. With the aid of this model it can be predicted how novel mixtures (when the properties are determined in the production) will perform in the time, and which conditions (frost and traffic load) contribute to the occurrence of damage in the time. The model has been fine-tuned and elaborated by enabling that characteristics of specific asphalt binders and asphalt materials (on a composition level) can be taken into account. The model was applied for assessing the performance of novel material solutions from TNO and from industrial partners (in contract research projects). In addition, a constitutive model has been developed for describing healing behavior (a function of material properties, loading-rate, temperature and time) on the basis of the binder's visco-elastic behavior. It combines a description of the bitumen and mastic healing and uses measurable properties of the binder.

5.11 VP Embedded Systems Innovation

The overall mission of the TNO-ESI program is to keep up and improve the competitiveness of the Dutch/European high-tech industry by addressing the challenge of mastering design of ever increasing complex systems through new and improved embedded systems design and engineering methods.

The complexity of high-tech systems and the associated embedded intelligence continues to increase. The various industrial fields all rely on comparable technology building-blocks, methods and techniques. It is of utmost importance that new knowledge is not only generated for individual products or applications, but that opportunities for synergy, knowledge sharing and knowledge exchange are fostered.

The ESI program is growing steadily and its research budget is growing with 7,5% each year. This growth is realized by the entry of new industrial research partners and the growth in both research volume and research topics. ESI has strengthened its position and the interest in ESI results is growing nationally and internationally. Research effort has taken place for large industrial partners. We plan to expand our industrial network in 2018. Internationally, ESI continued its collaboration with Fraunhofer IESE and has built up a stable relationship with the System Engineering Research Center, USA.

With the acceptance of the Ecsel Secredas project proposal, ESI is in the position to start a new research track on system security. Ubiquitous connectivity implies stringent and application specific security requirements for all high-tech systems.

The relationship with the academic partners has been strengthened. A success was the NWO grant for a partnership program starting in 2018. This program will cover 16 PhD positions that will be closely aligned with the ESI research programs and ESI partners (both academic and industrial).

ESI pays special attention to further generalization, consolidation and dissemination of the research findings, in order to maximize the knowledge and investment multiplier for our stakeholders. The research programs with individual partners take benefit from each other's results and ESI actively manages the network of partners to share and align experiences and potential solutions. A good example is a network of senior R&D managers and CTOs of our industrial partners that meets 3 times per year. In 2017, specific attention has been paid to professionalize tooling and building a relationship with a potential tool provider. This has resulted in a contact with Obeo in France, which will be further explored in 2018. Next to tool professionalization, ESI has made steps to transfer its knowledge to service providers and initial contacts with Altran are being explored.

A successful dissemination example was the 2017 ESI symposium. This full-day symposium attracted a wide audience of 500 subscriptions whom received a program of presentations, academic and industrial key-notes, workshops, demonstrations and discussions.

Summary of highlights and results achieved in 2017 with respect to ESI roadmap:

- *System architecting*

- Guidelines and best practices descriptions of a model-based system architecting (MBSA) process supported by Design Framework (DF) method and tooling resulting in a more effective architecting process.
- *System performance*
 - Automated execution architecture inference from engineering artefacts to analyze the actual execution of a system.
- *Dependability and robustness*
 - A virtual prototype method based on co-simulation, for distributed control systems on basis of a number of domain-specific languages.
- *Quality assurance and testability*
 - Model-based test generation methods and the corresponding TorXakis tool that is currently being prepared for further industrialization and professionalization.
- *Adaptability and evolvability*
 - Dealing with SW legacy by extracting domain-specific models from the legacy software on basis of processing parse trees, code patterns, model transformation and model analysis.
 - Achieve and reason about software modularity by specifying functionality, data and timing characteristics of interfaces resulting in the ComMA interface language.
- *Data driven model based systems engineering*
 - A model-based methodology to diagnose root causes of system problems.
 - Exploiting operational data leading to more efficient development and validation of systems.

All results have been validated on industrial systems.

6 Topsector HTSM/ICT

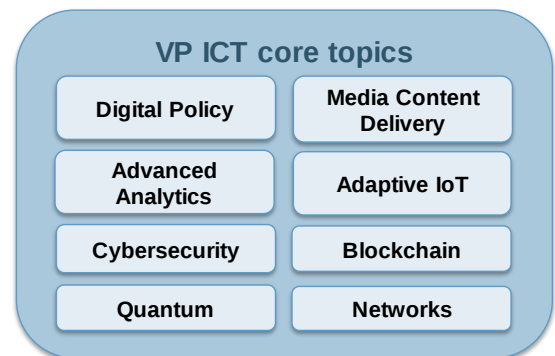
Aan de roadmap ICT van de topsector HTSM wordt door TNO vanuit het thema Industrie bijgedragen met het VP ICT. Er is een sterke verbinding met het VP Embedded Systems Innovation omdat beide VP's worden uitgevoerd in dezelfde organisatorische eenheid.

TKI	Thema TNO	Vraaggestuurde Programma's
HTSM/ICT	Industrie	P706 ICT

6.1 VP ICT

TNO's ICT Unit aims to guide industrial and societal stakeholders in the digitization of their business or domain. In order to do so, the VP ICT knowledge program focused on eight core topics in 2017:

- *Networks*: with the aim of enabling secure and reliable mobile access to networks based on the 5G standard we set up the 5Groningen Fieldlab for precision farming and other Fieldlabs, investigated the opportunities for mmWave radar technology for 5G antennae, developed the Research Cloud facility for network softwarization, and created a solution for the interference of Wi-fi signals in the home environment.
- *Quantum technology*: with the aim of establishing a position for TNO's ICT Unit in this field, we investigated the opportunities for quantum information processing and quantum communications and networks, and developed post-quantum cryptographic solutions.
- *Blockchain*: in order to continue to build a leading position for TNO on the national level, we explored use cases in different application areas and explored the development of a federated distributed ledger.
- *Cybersecurity*: we focused on developing innovative cybersecurity concepts for the Topsector HTSM and the financial sector, such as anomaly detection and automated response. We gained insight into fundamental research in the field of deep packet inspection and visualization, anomaly detection, and privacy patterns.
- *Adaptive IoT*: with the aim of shaping multistakeholder IoT ecosystems in specific domains, we developed a Smart Dairy Farming analysis and processing system, a maintenance decision support system for gas pipelines, and a methodology for continuing data analyses while data sources or algorithms are updated.
- *Advanced Analytics*: with the aim of shaping multistakeholder data ecosystems in specific domains, we developed technologies for responsible data sharing and data use, in particular for the health sector; and we leveraged the work on



the SAREF ontology for IoT in the home environment in new sectors, such as energy.

- *Media Content Delivery*: with the aim of expanding TNO's leading position in media orchestration and delivery, we developed a fully immersive and social Virtual Reality (VR) experience, as well as media orchestration solutions for television broadcasting and Sports and Media.
- *Digital Policy*: with the aim of policy experimentation using new technologies and data sources, we set up a national digital Policy Lab with key academic and governmental partners, evaluated the implementation of interoperability principles between EU governments, and coordinated actions across Europe spurring digital innovation.

In relation to the above mentioned goals, the VP ICT actively engages in stakeholder management on the national level (e.g. via COMMIT2DATA, the National Science Agenda Big Data Route, and the BC3 Dutch Blockchain Coalition) and the European level (e.g. via the Big Data Value Association, 5GPPP, AIOTI and Cybersecurity contractual Public Private Partnerships, cPPPs) with academic partners and partners from industry. Furthermore, in order to strengthen the activities of the VP ICT we aim to maintain our leading position in ICT standardization and within industry fora, such as ETSI, IETF, HbbTV, and VR Industry forum.

7 Topsector Life Science & Health

Aan de kennisontwikkeling t.b.v. de topsector Life Sciences & Health wordt door TNO bijgedragen door uitvoering van het VP Predictive Health Technology.

TKI	Thema TNO	Vraaggestuurde Programma's
Life Sciences & Health	Gezond Leven	P203 Predictive Health Technology

7.1 VP Predictive Health Technology

Het Vraaggestuurde Programma Predictive Health Technologies (VP PHT) is afgestemd met de verschillende stakeholders, zoals de topsector Life Sciences & Health, ministeries van VWS en Economische Zaken, brancheorganisaties en kennisinstellingen. De focus lag de afgelopen jaar op het verder integreren van het biomedische en gezondheidsdomein, gecombineerd met eHealth (stresscoach), Big Data en modeleren. Er was een intensieve interactie met de andere roadmaps van het thema Gezond Leven: Food & Nutrition (Personalised Health) en Prevention, Work & Health (Gezonde Jeugd en Gezonde werknemers), zowel voor de uitvoering van het programma 2017 als om voor te sorteren op de nieuwe strategieperiode 2018-2021. Hiervoor heeft een goede afstemming plaatsgevonden met de projecten uit het VP Food and Nutrition, die een sterke focus hebben op persoonlijke gezondheidsinterventies op het gebied van metabole gezondheid. Daarnaast was er een samenwerking met de roadmaps van Industrie: Network Information (ICT) en Flexible & Free-form Products (van 't Hoff-programma). Net als in de afgelopen jaren dragen de ERP's, Organ-on-a-chip, Personalised Food en Complexity bij aan de meer fundamentele kennisontwikkeling voor het gezondheidsdomein.

Inhoudelijk is een semiautomatische 'TargetTri' tool opgeleverd. Hiermee wordt bijgedragen aan het maken van juiste keuzes van kandidaat nieuwe geneesmiddelen die in aanmerking komen voor verder onderzoek. Deze aanpak draagt bij aan een reductie van het aantal nieuwe medicijnen dat later in het traject faalt en leidt daarmee tot vermindering van kosten in medicijnontwikkeling. Op dit moment wordt er met meerdere grote farmaceutische bedrijven gewerkt aan een PPS voor verdere automatisering en uitbreiding van TargetTri. Verder zijn in 2017 stappen gezet in de zoektocht naar biomarkers die voorspellend zijn voor de ontwikkeling van leverfibrose. In 2017 is de stap gezet naar het valideren van mogelijke biomarkers in het bloed van patiënten met NASH (niet-alcoholische leververvetting).

De impact van het VP is zichtbaar in de vorm van media-uitingen en workshops, publicaties in internationaal erkende tijdschriften, white papers maar ook in de vorm van samenwerkingsprojecten met bedrijfsleven.

Nationaal hebben we ons voornamelijk gericht op de regio Leiden, om te komen tot intensievere samenwerking op een aantal gezamenlijke thema's met de kennispartners LUMC en de Hogescholen Den Haag en Leidens. Het gaat dan vooral om het starten van nieuwe PPS'en op de onderwerpen Leefstijl als Medicijn

en Diabetes onderzoek. In 2018 verwachten we deze samenwerking verder uit te breiden.

Concluderend kan gesteld worden dat 2017 als laatste jaar van de strategie periode 2015-2017 een goed jaar was, waarin ook een nieuw programma is opgezet voor periode 2018-2021. De focus ligt op metabole en immuungezondheid. In 2018 worden enkele samenwerkingsprojecten voortgezet en nieuwe gestart om bij te dragen aan onze maatschappelijke missie: bedrijven, burgers en professionals ondersteunen door een efficiënte ontwikkeling en implementatie van (gepersonaliseerde) gezondheidsinterventies met zowel medicijnen als leefstijl.

8 Topsector Logistiek en Mobiliteit

In het onderzoeksprogramma 2015-2017 van het Thema Logistiek en Mobiliteit wordt de kennisontwikkeling uitgevoerd ten behoeve van een aantal beleidsdomeinen van het ministerie Infrastructuur en Waterstaat. Het betreft met name beleidsthema's die spelen op het gebied van logistiek, mobiliteit en bereikbaarheid in samenhang met milieu, ruimte, infrastructuur en de stad. Daarnaast draagt het programma bij aan de doelstellingen van de Topsector Logistiek.

Voor het thema Logistiek en Mobiliteit is een indeling gemaakt in twee VP's.

1. Betrouwbaar Verkeerssysteem
2. Sustainable Urban Access & Mobility

TKI	Thema TNO	Vraaggestuurde Programma's
Logistiek	Leefomgeving	P401 Betrouwbaar Verkeerssysteem
Logistiek	Leefomgeving	P514 Sustainable Urban Accessibility & Mobility

8.1 VP Betrouwbaar Verkeerssysteem

Een betrouwbaar, efficiënt, veilig en duurzaam transport systeem is een bepalende voorwaarde voor het goed functioneren van onze moderne samenleving. Doelstelling van dit vraaggestuurde programma (VP) is kennisopbouw op het gebied van meetmethoden en dataverwerking met gebruik van slimme modellen. Hiermee kunnen we de overheid en het bedrijfsleven helpen om betere maatregelen en nieuwe applicaties op het gebied van personenmobiliteit, goederentransport en logistiek te ontwerpen.

In 2017 zijn de volgende highlights gerealiseerd:

1. *Verkeersmodellen en data.* Door gebruik van verkeersmodellen en data begrijpen we beter of maatregelen voor een betere bereikbaarheid effectief zijn. We hebben hiervoor willekeurige databronnen kunnen combineren op één kaart. Ter demonstratie is op basis van Chinese taxidata (bluetooth) een gedetailleerde HB-schatting gemaakt van Beijing.
2. *Impact en opschaling van ITS.* Met C-ITS kunnen we de doorstroming en het energieverbruik van transport verbeteren. We weten hoe je de applicaties technisch moet ontwikkelen en hoe je de impact hiervan in het verkeer kan vergroten. In 2017 hebben we met het SimSmartMobility platform CACC, coöperatief automatisch remmen en accelereren op snelwegen, aangestuurd vanuit een verkeerscentrale, onderzocht. Ook is de verbetering van de efficiency voor kruisingen met intelligente Verkeers Regel Installaties (iVRI) aangetoond.
3. *Veiligheid en gedrag.* Door verbeterde meting van het menselijk verkeersgedrag in de natuurlijke omgeving, kunnen we beter voorspellen welke maatregelen voor verkeersveiligheid echt gaan werken.
4. *Duurzame mobiliteit.* We hebben methodes ontwikkeld om de emissies van voertuigen in de praktijk beter te bepalen. Dit is gedaan door de emissies in

de praktijk te meten (SEMS) en door alle relevante externe factoren voor emissies in de emissiemodellen mee te nemen.

5. *Duurzame logistiek*. We hebben in FREVUE voor het gebruik van elektrische vrachtoetuigen in steden, de beleid-, inkoop- en beheers-aspecten onderzocht. Overall conclusie is dat de aanschafprijs, total cost of ownership, beschikbare infrastructuur en het beperkte aanbod van medium en heavy duty voertuigen nog een te grote barrière vormen voor opschaling van de pilotprojecten. Specifiek gericht stimuleringsbeleid zou deze barrières kunnen doorbreken.
6. *Synchromodaliteit*. We hebben in Synchro-Gaming met logistieke service providers, verladers, infrastructuur managers en rail cargo partijen meer bewustzijn gecreëerd omtrent nieuwe synchromodale oplossingen.
7. *Smart data factory*. Het experimentele dataplatform Intrepid is in 2017 uitgebreid. Dit platform wordt ingezet om snel data-gedreven innovaties in de logistiek te realiseren. Het bevat complex event processing, semantische tooling en toegangsautorisatie op attribuut niveau. Verder is er een innovatiemethodiek uitgewerkt.



8.2 VP Sustainable Urban Accessibility & Mobility

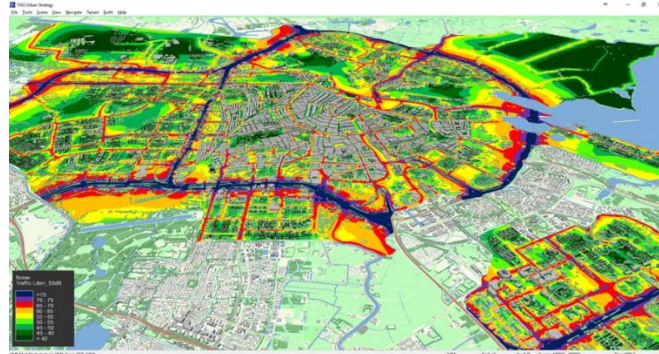
Doelstelling van dit vraaggestuurde programma is om kennis te ontwikkelen waarmee stedelijke en regionale overheden en dienstverleners beter kunnen inspelen op de groeiende bevolking, meer milieudruk en behoefte aan verbetering van de mobiliteit, de veiligheid en de kwaliteit van de leefomgeving.

TNO ontwikkelt daarom nieuwe integrale modellen en indicatoren voor zowel ontwerp, monitoring als evaluatie (OME). Er wordt samengewerkt rondom use cases met kennisinstellingen, centrale overheden, steden en dienstverleners.

Enkele Highlights van de VP-resultaten in 2017 zijn:

1. Fountain (gedragsinterventies). Fountain is in *EMPOWER* bij verschillende living labs ingezet om de effecten van maatregelen op het verminderen van het autogebruik te voorspellen en het ontwerp van deze maatregelen te optimaliseren.
2. Op het Urban Strategy platform is een OME dashboard ontwikkeld voor het ontwerp van maatregelen gericht op een betere bereikbaarheid van een stedelijk gebied. Urban Strategy is daardoor beter ingericht op de combinatie van integrale

ruimtelijke planning en de integrale monitoring in relatie tot mobiliteit. Als use case is de bereikbaarheid van het Zuid As gebied in Amsterdam gekozen (zie onder).



Figuur: Modelresultaten van geluidsdruk in Amsterdam ten gevolge van gesimuleerde verkeersstromen.

3. In 2017 is gestart met *Activity Based Modelling*. Het FEATHERS model van de Universiteit van Hasselt is uitgetest op de zonering en populatie van de stad Rotterdam. Voor de activiteiten en de verplaatsingen is het OViN model en voor de verkeerstoedeling is het Omnitrans model gebruikt. De resultaten waren bemoedigend.

9 Topsector Water

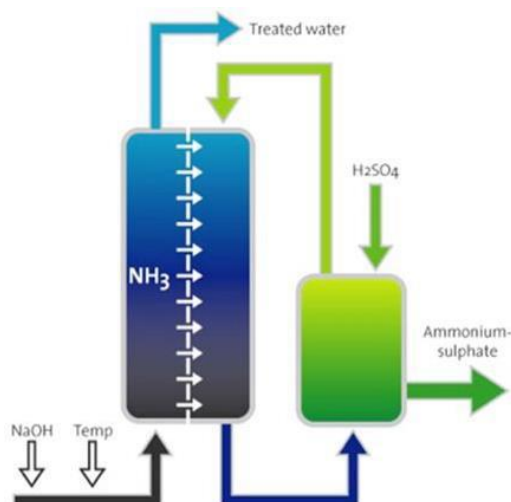
Voor de topsector Water zijn er in de periode 2015-2017 vier Vraaggestuurde Programma's t.b.v. de kennisontwikkeling bij TNO uitgevoerd.

TKI	Thema TNO	Vraaggestuurde Programma's
Watertechnologie	Leefomgeving	P504 Watertechnologie
Watertechnologie	Energie	P310 Karakterisering Grondwater
Deltatechnologie	Leefomgeving	P508 Deltatechnologie
Maritieme technologie	Energie	P311 Maritiem en Offshore

9.1 VP Watertechnologie

In 2017 werd aan drie uiteenlopende onderwerpen binnen de innovatieve Watertechnologie gewerkt.

Het eerste onderwerp was de ontwikkeling van de "Ammonia Membrane Stripping (AMS)" techniek waarmee uit afvalwater middels membraantechnologie ammonia wordt gewonnen ("Nitrocycle"). Hiervoor werden in 2017 diverse soorten commerciële membraanmodules door TNO getest en er werden verschillende types holle vezel modules door TNO ontwikkeld en eveneens getest. TNO heeft bijgedragen aan het ontwerp van deze membraan-modules met als doel op een optimale ammoniaflux door het membraan te realiseren. Voor de optimalisatie van de procescondities werden in 2017 cruciale, technische calculaties uitgevoerd zodat een pilotplant opstelling kan worden ontworpen. Het (her)gewonnen ammonia kan vervolgens als ammoniumsulfaat worden omgezet dat wederom als meststof dient; zie figuur 1.



"Nitrocycle": Ammonia Membrane Stripping

Het tweede onderwerp ("Recycletech") was gericht op nieuwe scheidingstechnieken voor de terugwinning van waardevolle reststoffen in de Sector Agri & Food en van metalen middels de nieuwe "slug flow pertractie" in combinatie met elektrochemische terugwinning. In 2017 werd de scheidingstechnologie positie van TNO expliciet voor de verwaarding van mest en in het licht van de belangrijke

ketenbenadering onderzocht. Voorbeeld hiervan is b.v. de technologie voor de verwaarding van mest (b.v. winning vetzuren) alvorens vergisting plaatsvindt en na vergisting technologie toepassen op het digestaat om een verkoopbaar nutriënten concentraat te verkrijgen.

Het derde onderwerp was de ontwikkeling van chemische sensoren voor het detecteren van relevante chemische stoffen in water ("Environmental Sensing Lab Water"). Hierbij werden sensoren, gebaseerd op zogenoemde Laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS)-chelatoren, voor het aantonen van metalen in water toegepast en onder praktijkrelevante situaties ingezet. Voor de detectie van nutriënten in water werd een operationeel ontwerp van een fiber-optische nitraat-sensor gemaakt met een correctie voor de kruisgevoeligheid voor chloride. Deze sensor werd bij de internationale beurs Aquatech in Amsterdam (november 2017) met veel belangstelling gepresenteerd. Het coating-concept van een fosfaat-sensor voor toepassing op een fiber Bragg grating (FBG) sensor werd ingrijpend verbeterd.

9.2 VP Karakterisering Grondwater

De beschikbaarheid van voldoende water van de juiste kwaliteit is een belangrijke randvoorwaarde voor de samenleving. Een groot deel van het water wordt uit de ondergrond gewonnen. Dit VP richt zich op de processen in de ondergrond die bepalend zijn voor de kwantiteit en kwaliteit van het grondwater. Bedreigingen voor het grondwater zijn o.a. verzilting, dalende grondwaterstand en conflicterende gebruiksbelangen, bijv. in relatie tot opslag van warmte (WKO). Ook spelen de risico's voor het grondwater vanaf het oppervlak een rol (uitspoeling gekoppeld aan landbouw en stedelijk gebied) en activiteiten in de ondergrond (traditioneel olie- en gaswinning, potentieel geothermie, schaliegas en opslag radioactief afval en ook perforaties voor Warmte-Koude Opslag (WKO). Dit vereist informatie en kennis ten aanzien van de dynamiek en de samenstelling van het grondwater als ook de geohydrologische opbouw van de ondergrond.

In 2017 zijn bruikbare producten via de website <http://www.grondwatertools.nl> beschikbaar gesteld voor stakeholders. Verder is onderzoek gedaan op het gebied van grondwatersamenstelling en –datering, de dynamiek van zoet en zout grondwater, neerslagrespons en relatie met energie. Verder zijn onderzoeksvoorstellen ontwikkeld voor GeoERA, het ERANET-programma dat de EC heeft goedgekeurd en dat uitgevoerd wordt door de Europese geologische diensten met TNO-GDN als penvoerder.

9.3 VP Deltatechnologie

Voor het waarborgen van de waterveiligheid en waterzekerheid zijn goed functionerende waterbouwkundige constructies (natte kunstwerken) van essentieel belang. Een groot deel van deze constructies is medio vorige eeuw of nog eerder aangelegd en komt langzaam maar zeker aan het einde van technische ontwerplevensduur. Voor veel (waterbouwkundige) constructies geldt dat de rekenkundige veiligheid onvoldoende is op basis van de huidige beoordelingskaders. Hierdoor ontstaat een toenemende vervangings- en renovatieopgave voor dergelijke constructies wat voor de komende decennia kan leiden tot grote investeringen om de beschikbaarheid en de betrouwbaarheid in

stand te houden. Het is van belang om deze opgave te reduceren en in de tijd te spreiden.

Deze potentiële vervangingsopgave leidt bij beheerders en eigenaren van natte kunstwerken (sluizen, kademuren, damwanden) tot acute kennisvragen aangaande het beheer van bestaande kunstwerken (i.c. onderhoud, renovatie en vervanging). Hierin spelen onder andere technische vraagstukken een rol, zoals de geschiktheid van beoordelingsmethoden om zo goed mogelijk het actuele en toekomstige veiligheidsniveau van de kunstwerken te kwantificeren, de implementatie van innovatieve oplossingen die levensduur effectief verlengen en het doeltreffend gebruik maken van informatie gedurende het gebruik.

De kennisontwikkelingen binnen het VP Deltatechnologie richten zich in het bijzonder op de technische vraagstukken aangaande de constructieve beoordeling van (waterbouwkundige) kunstwerken. Het in 2017 uitgevoerde onderzoek is hierbij langs de volgende drie ontwikkelingslijnen uitgevoerd: 1) datagebruik, 2) technische en functionele restlevensduur en 3) eisen, ontwerp en innovaties waarbij onderdeel 2) is onder te verdelen in ontwikkelingen op het gebied van Alkali Silica Reactie ASR (2a), grond-constructie-interactie (2b), wapeningscorrosie (2c) en stalen damwanden (2d).



Alkali Silica Reactie (ASR) in een sluis

De inzet bovengenoemde ontwikkelingslijnen zal in de komende jaren worden gecontinueerd waarbij de samenwerking tussen de betrokken instituten (TNO, Deltares, Marin) verder zal worden geïntensiveerd, evenals de afstemming met de belanghebbende partijen. Voor 2018 is het de bedoeling dat de samenwerking met de TKI Deltatechnologie wordt geformaliseerd door het TKI-project waarin behalve TNO en Rijkswaterstaat ook diverse marktpartijen zullen gaan participeren.

9.4 VP Maritime & Offshore

Het Vraaggestuurde Programma (VP) Maritiem & Offshore richt zich op de Innovatiethema's Winnen op Zee, Schone Schepen, Slim en veilig varen en Effectieve Infrastructuur. De samenwerking in de sector is ook in het afgelopen jaar positief ondersteund door verdere invulling van het topsector beleid en middels diverse fora, zoals het Maritiem Kennis Centrum (MKC) en de Nederland Maritiem

Land Innovation Council (TKI Maritiem) en de samenwerking in de keten (Universiteiten, Toegepaste onderzoeksinstellingen en Industrie en overheid)

Winnen op Zee: Op dit thema is in 2017 onderzoek uitgevoerd op het gebied van constructies en materialen dat zich richt op de infrastructuur op zee en maritieme constructies. Voor mono-piles als Jacket constructies zijn de “probabilistische” modellen verbeterd op o.a. “corrosion-fatigue” en verder gevalideerd. Hiermee kan de levensduur beter worden voorspeld en kunnen inspecties beter (kosten-effectiever) worden gepland. In de ontwikkeling van composietconstructies is onderzoek gedaan naar verbindingen (staal-composiet) en het toepassen van “dikwandige” composietconstructies voor schepen en fundaties op zee. De ontwikkelde kennis is toegepast als demonstrator waarbij sensoriek geïntegreerd is in het constructiemateriaal. Hiermee is een belangrijke stap gezet naar “slimme” constructies. De modelvalidatie op deze composietconstructie wordt begin 2018 uitgevoerd. Resultaten kunnen worden ingezet t.b.v. een nieuwe generatie Maritieme en Offshore constructies.

“Schone schepen” Op dit thema is onderzoek uitgevoerd naar het verlagen van scheepsemissies op geluid en verbranding. Het uitgevoerde onderzoek is gericht op de “volledige” terugdringing van zwavel en stikstofuitstoot door toepassing van schonere en alternatieve brandstoffen waaronder methanol en LNG en het verhogen van het energetisch rendement. Ook op het gebied van hybride varen in combinatie met elektrische voorstuwing en het onderzoek naar CO₂-afvang aan boord zijn onderzoeken uitgevoerd om dichterbij “Zero Emission” scheepvaart te komen. In het lopende Prominent project ontwikkelt en beoordeelt TNO procedures voor het certificeren van emissie-eisen en doet het aanbevelingen voor Europese regelgeving voor emissies van zowel nieuwe motoren als aanpassingen aan bestaande schepen. Daarbij houdt TNO rekening met zowel de belangen van de schippers als de wetgever en handhavers.

“Slim en veilig varen” en “effectieve infrastructuur”: Op dit thema is onderzoek uitgevoerd naar o.a. verdere implementatie van autonoom varen en het vooraf kunnen voorspellen van een veilige, kostenefficiëntie en duurzame inzet van scheepsconcepten. Centraal stond de mens machine interactie bij verdere automatisering van complexe taken aan boord. Als resultaat is de ontwikkelde kennis toegepast op het gebied van dynamic positioning op zee. Ook de kennis van autonoom rijden en de ervaring met “truck platooning” wordt hierbij benut waarbij “vaartuig-wal” communicatie wordt meegenomen. Ook ten behoeve van het autonoom onderwater opereren is een stap gezet met de ontwikkeling van “wifi onderwater” waarbij draadloze onderwatercommunicatie t.b.v. bijvoorbeeld streaming video centraal staat. Als resultaat is de ontwikkelde kennis toegepast in een demonstrator-pilot met mogelijkheden voor bijvoorbeeld maritieme en offshore onderwaterinspecties.

10 Maatschappelijk Thema Arbeid en Gezondheid

Aan maatschappelijk thema Arbeid en Gezondheid wordt door TNO vanuit het thema Gezond Leven bijgedragen met het VP Gezond, veilig en productief werken. Naast de Rijkbijdrage van het ministerie EZK (SMO), draagt het ministerie SZW bij met doelfinanciering t.b.v. het Maatschappelijk Programma Arbeidsomstandigheden (MAPA). Ook kennisontwikkeling t.b.v. het onderwerp Gezond en Veilig Opgroeien (dat wordt afgestemd met VWS) maakt onderdeel uit van dit VP.

vakdepartement	Thema TNO	Vraaggestuurde Programma's
SZW en VWS	Gezond Leven	P204 Gezond, veilig en productief werken

10.1 VP Gezond, veilig en productief werken

Het maatschappelijk thema Arbeid & Gezondheid omvat het VP Gezond, Veilig en Productief werken en het onderwerp Gezond en Veilig Opgroeien.

Voor het VP Gezond, Veilig en Productief werken zijn de hoofdlijnen van het programma voor 2017 vastgesteld in nauw overleg met de regievoeder van het maatschappelijk thema. In overleg met het Ministerie SZW is ook het separate doelfinancieringsprogramma MAPA ingevuld. Het jaar 2017 stond in het teken van afronding van het meerjarenprogramma 2015-2017 en voorbereiding op het nieuwe meerjarenprogramma 2018-2021.

De voortgang van het programma 2017 is besproken in een zestal periodieke voortgangsoverleggen met de directie Gezond en Veilig Werken van SZW en op het jaarlijkse werkbezoek, onder leiding van de DG Werk van SZW. In 2017 heeft dit werkbezoek in november plaatsgevonden.

De highlights betreffen onder andere het onderzoek naar blootstelling aan fijnstof op het werk. In samenwerking met het RIVM en de Haagse Hogeschool hebben we een pilot uitgevoerd waarin we verschillende blootstellingen bemeten (fijnstof, geluid, UV) bij werknemers die werken in de bouw, bij wegwerkers en bij werknemers met een kantoorbaan. De resultaten laten zien dat de low cost sensoren voor fijnstof nog niet geschikt zijn voor een betrouwbare inschatting van de absolute blootstellingsniveaus. Wel geven de sensoren een goed inzicht in de blootstellingsprofielen over de dag.

Daarnaast zijn we samen met partners SBCM en Cedris in 2017 gestart met onderzoek naar de mogelijkheden van innovatieve technologieën in de praktijk. In een van de pilots bij de Amfors Groep is het zogeheten Operator Support Systeem getest. Dit systeem helpt medewerkers complexe assemblages uit te voeren. De eerste uitkomsten zien er veelbelovend uit. Verder onderzoek moet leren of hiermee ook in de praktijk wordt bijgedragen aan een meer flexibele inzetbaarheid en mogelijk zelfs doorstroom naar reguliere bedrijven.

Het programma Gezond, Veilig en kansrijk Opgroeien is gericht op het ontwikkelen, implementeren en evalueren van evidence-based kennis en innovaties voor het veld en beleid. Het programma 2017 en het meerjarenplan 2018-2021 wordt

afgestemd met diverse stakeholders uit het jeugddomein, waaronder het ministerie van VWS.

We hebben afgelopen jaar met succes regionale samenwerking opgezet rond diverse innovatievragen uit de JGZ, door het inrichten van de Academische Werkplaats SAMEN. Ruim 20 organisaties en drie gemeenten hebben zich hierbij aangesloten.

De eerste 1000 dagen, van preconceptie tot minimaal 2 jaar, zijn cruciaal voor de ontwikkeling van het kind. In 2017 is bijgedragen aan het versterken van de eigen regie van ouders via de implementatie van 'centering'. Meer dan 70 organisaties maken hier gebruik van. Daarnaast hebben we in een pilot onderzocht in hoeverre ouders de ontwikkeling van hun kind zelf kunnen meten. Dit is zeer succesvol verlopen en wordt ingebracht in het landelijk netwerk rondom de eerste 1000 dagen, voorgezeten door de Bernard van Leer Foundation.

11 Maatschappelijk Thema Duurzame Leefomgeving

In het kader van het maatschappelijk thema Duurzame Leefomgeving zijn er in de periode 2015-2017 drie Vraaggestuurde Programma's t.b.v. de kennisontwikkeling bij TNO uitgevoerd.

vakdepartement	Thema TNO	Vraaggestuurde Programma's
I&W en BZK	Leefomgeving	P502 Duurzaam bouwen
I&W	Leefomgeving	P509 Smart Cities
I&W	Leefomgeving	P510 Milieu en Duurzaamheid

11.1 VP Duurzaam bouwen

INFRASTRUCTUUR

Focus is op efficiënt beheer en onderhoud van kunstwerken (bijv. bruggen, sluizen), wegen, spoor en leidingen. Dit met ketenpartners en in overleg met eigenaars/beheerders van belangrijke assets, zoals Rijkswaterstaat, ProRail, Havenbedrijf, provincies en gemeentes. Door ontwikkeling van inspectie- en monitoringstechnieken en modellen kunnen sterkte en levensduur nauwkeuriger worden vastgesteld. Zo zijn verbeterde meettechnieken voor de bepaling van de staat van stalen en betonnen constructies ontwikkeld, en zijn nieuwe monitoringstechnieken en (multi)scale probabilistische modellen van vermoeiingsschade in staalconstructies stappen in een paradigma-verandering van onderhoud.

BOUWKWALITEIT

Bij Safety of buildings lag de focus op het automatisch beoordelen van scheuren in gebouwen en het efficiënter beoordelen van de staat van houten paalfunderingen. Een imaging techniek om scheuren in steenachtige materialen te detecteren is geselecteerd en op praktische bruikbaarheid getoetst. In het vervolg zullen stappen worden gezet beelddata voor scheuren automatisch te interpreteren. Toepassingen worden voorzien voor de beoordeling van metselwerk en schade aan beton. Om kostbare ontgraving te voorkomen om palen onder een gebouw te lokaliseren, zijn radartechnieken in de praktijk beoordeeld. Een overgebleven aanpak zal in een vervolg verder getoetst worden. Bij Quality and maintenance of buildings lag de focus lag op het ontwikkelen van een opensource methodiek om op basis van BIM-data digitale tools in te zetten die het ontwerp-, uitvoerings- en onderhoudsproces ondersteunen. Deze methodiek staat bekend onder de naam BIM/Bots. Verder is een integrale aanpak ontwikkeld om tot een optimaal ziekenhuisontwerp te komen. Voor het efficiënt inzetten daarvan zal een digitale applicatie worden gebouwd.

ENERGIE GEBOUWDE OMGEVING

Huidige dynamische modellen zijn gedateerd en/of te rekenintensief voor een aantal belangrijke toepassingen: garantiestelling/kwaliteitsborging op energieprestatie; optimalisatie op energie én comfort; integratie gebouwen/wijken

en smart grids voor besparing en peak shaving; model-based optimalisatie tijdens gebruiksfase van gebouw. Daarom is er een methode ontwikkeld op basis van eenvoudige uurlijkse meer-zone modellen die in voldoende mate het uurlijkse temperatuurverloop en het energiegebruik in een woning benaderen. Hierbij kunnen modelparameters gevoed worden met monitoringsdata uit in-situ-metingen. Met deze methode worden variantberekeningen met diverse gebouwkenmerken mogelijk (bv. wat gebeurt er als er meer isolatie toegepast wordt, het gebouw luchtdichter gemaakt wordt, of vaker het raam vaker open gezet wordt.) Naast deze ontwikkelingen op het gebied van integrale gebouwprestatie is op het gebied van binnenmilieu/fijn stof onderzoek uitgevoerd naar fijnstofproductie binnenshuis als gevolg van koken. Dit heeft unieke data opgeleverd over de fijnstofproductie bij koken. Dit is in verband gebracht met kennis over de werking van kookafzuiging en gedeeld met partijen om meer aandacht te genereren voor binnenluchtkwaliteit.

11.2 VP Smart Cities

Het ultieme doel – waar de TNO roadmap Smart Cities een bijdrage aan wil leveren – is om de economische aantrekkelijkheid van steden te vergroten en steden tegelijkertijd leefbaarder te maken, in Nederland en het buitenland, op een manier die aansluit bij belangen van de bewoners en bedrijven. Leefbaarder is in eerste linie vooral minder congestie, betere luchtkwaliteit, behalen van CO2 doelstellingen en veiliger. Dit in de context dat steden blijven groeien, aantrekkelijk willen blijven voor burgers en bedrijven, burgers en bedrijven steeds meer vanuit een individueel belang resultaten willen zien, regelgeving op zaken als CO2 en luchtkwaliteit steeds strenger wordt en dat er steeds sneller nieuwe technologieën met grote impact (kansen maar ook beperkingen) beschikbaar komen.

Het gaat om het “aantoonbaar vergroten van de kwaliteit en het draagvlak van de complexe, ingrijpende en lange termijn beslissingen”. Een stad die zich zo inricht dat beslissingen kunnen worden gebaseerd op state of the art kennis en de feitelijke informatie uit de eigen stad (data) wordt benut en daarbij ook continu kan toetsen of beoogde doelen worden gerealiseerd en daarvan leert is wat TNO betreft een Smart City. Een dergelijke stad neemt aantoonbaar betere en meer gedragen beslissingen.

Wij ondersteunen steden in hun complexe taak om op een adaptieve/agile manier de complexe beslissingen te kunnen nemen die een integraal karakter hebben door gebruik te maken van onze (1) fact- en knowledge based aanpak, (2) kennis en kunde van data-acquisitie, data-integratie en modellen, (3) multidisciplinaire kennis (met name vanuit mobiliteit, logistiek en gebiedsontwikkeling), en (4) het ondersteunen in het doorlopen van leercycli op strategisch, tactisch en operationeel niveau op een adaptieve manier.

In haar kennisprogrammering bouwt TNO op deze visie voort door domeinen te koppelen die nog slecht met elkaar verbonden zijn. Denk aan Mobiliteit – Milieu, Energie – Gebouwde Omgeving, Leefomgeving – Gebiedsontwikkeling, etc. Daarbij ligt de focus op:

Smart Urban Systems, een toolbox voor big data analysemethoden en een prototype voor een Smart Urban Facility. Nadruk ligt op het faciliteren van een integratieslag over verschillende systemen uit verschillende domeinen in de stad

(bijv. mobiliteit, milieu, ruimte, economie, gezondheid). Onder andere door antwoord te geven op welke standaarden en architecturen gebruikt moeten worden. Smart Urban Energy, instrumentarium ontwikkelen waarmee steden en regio's invulling kunnen geven aan de klimaatdoelstellingen en de daaruit volgende energietransitie vormgeven in de stedelijke processen en infrastructuur. Smart Liveable Cities, ontwikkelen van instrumentarium voor integrale beleidsondersteuning, waarmee de invloed van ruimtelijke keuzes op de leefomgevingskwaliteit kan worden beoordeeld en steden de leefbaarheid voor hun inwoners blijvend kunnen verbeteren.

In de periode 2015-2018 wil TNO samen met bedrijven, kennisinstellingen en overheid nieuwe stedelijke diensten en bijbehorende ICT-tools (smart city concepten) ontwikkelen die direct of indirect bijdragen aan het versterken van de regionale economie, en het verbeteren van de stedelijke leefomgeving.

Resultaten en highlights VP Smart Cities 2017

Smart Urban Systems



- Doorontwikkeling **Smart Urban Data Platform**: integratie van modellen met externe partners (use case Karlsruhe), realisatie uitgangspunten voor opschaling (use case New Delhi), schaalbaarheid van de database.
- Toepassing in Living Labs grote steden: samenwerking **gemeente Amsterdam** - methodiek Ontwerp, Monitoring en Evaluatie Stedelijke Bereikbaarheid en ontwikkeling tactisch dashboard voor de Zuid-As; samenwerking **MRDH-RNE** rondom de ontwikkeling van een 3D Portal, hier is een position paper geschreven die het conceptueel kader en beoogde Proof of Concepts omschrijft.

Smart Urban Energy



- De volgende resultaten zijn bereikt om oplossingen voor **energie-efficiency en klimaatbestendigheid** te programmeren: Roadmap Method for Performance Measurement of City level Climate Goals at the district level (use cases Helsinki en Valletta), Decarbonisation of Urban Transport Method (use case Rotterdam), Sustainable Urban Development Action Utrecht Beurskwartier: vernieuwde aanpak voor hybride WKO-systemen en Utrechts Energie Protocol (use case Utrecht).
- Klimaatdoelstellingen en Mobiliteit is als nieuw onderwerp opgepakt in 2017. Dit heeft geresulteerd in: **Carbon Reduction Roadmapping** methodiek, een methodologie die een universele systeembenadering voor energie toepast en zo behoeften van steden t.a.v. de reductie van CO₂-uitstoot door transport in kaart brengt d.m.v. gerichte maatregelpakketten; mock-up van een **Elektrische Bus simulatie platform** die de impact van oplossingen evenals de impact op kosten en baten, milieu, ruimte, haalbaarheid, performance.

Smart Liveable Cities



- Methodiek **Urban Learning Cycle**, een dragende methodologie die regio's, steden en hun diensten in staat stelt om hun lerend vermogen te ontwikkelen en te weten welke concrete stappen zij samen met hun partners kunnen gaan zetten om op pragmatische wijze te evolueren naar een 'slimme stad' gekoppeld aan kwalitatieve en kwantitatieve tools en instrumenten.

11.3 VP Milieu en Duurzaamheid

Dit programma heeft de ambitie om bij te dragen aan een gezonde, veilige en duurzame omgeving met oog voor behoud van concurrentiepositie of versterking van de lokale economie. We doen dit door onze ervaring en kennis op gebied van milieu, klimaat en duurzaamheid te combineren met nieuwe opkomende technologieën op gebied van sensoren, het Internet of Things, big data en digitalisering in het algemeen. Er zijn in dit VP twee programmalijnen.

De programmalijn *Sense4Environment* heeft de focus op sensoren voor milieutoepassingen in kader van gezondheid en milieubelasting en richt zich daarbij op de ontwikkeling van milieu-sensornetwerken en dataplatforms voor industrieën, lokale overheden en individuele burgers. Dit jaar zijn de ontwikkelde componenten (sensoren, ICT, modellen, visualisaties, connectiviteit) geïntegreerd en geoperationaliseerd in een operationeel platform dat voor verschillende toepassingen is ingezet. Rond de stedelijke leefomgeving zijn pilot experimenten uitgevoerd op het gebied van persoonlijke blootstellingsmetingen / exposoom en van geluid, gebruik makend van mobiele sensorplatforms. Rond industriële veiligheid is het in 2016 ontwikkelde Early Warning Systeem gedemonstreerd in een praktijksituatie in Moerdijk, en wordt middels het softwarepakket RESPONSE de koppeling gelegd met de operationele processen van hulpdiensten en veiligheidsregio's. Daarnaast is er op het gebied van emissiemodellering een koppeling gemaakt tussen grootschalige modellering en lokale luchtkwaliteitsmodellering.

In november won TNO de innovatieprijs op de Geluid, Trillingen en Luchtkwaliteitsbeurs met het sensorplatform "SensA", dat mobiele metingen van luchtkwaliteit en geluid mogelijk maakt.

De lijn *Circulaire Economie* richt zich op de ontwikkeling van instrumenten die bedrijfsleven en overheid ondersteunen in hun strategische afwegingen wat betreft circulaire benaderingen van de productie/consumptieketens. TNO richt zich met de programmalijn circulaire economie op kennisontwikkeling (methodes en tools) ten behoeve van (1) beleidsondersteuning op het gebied van circulaire economie voor overheden op diverse schaalniveaus, en (2) identificatie waarde van circulaire economie voor het bedrijfsleven. In toenemende mate focust TNO op de bouw en kunststoffensector - in aansluiting op het Rijksbrede programma Circulaire economie. Voor deze sectoren wordt ook gewerkt aan kennis gericht op disruptieve technologieontwikkeling met een meer circulair karakter - zoals bijvoorbeeld hergebruik van hout uit bouwproducten die het einde van hun levensduur hebben bereikt, in plaats van verbranding.

Highlights van 2017 zijn de ontwikkeling van een IMPACT framework en de doorontwikkeling van het vraag- aanbod model voor een voorspelling van de toekomstige vraag naar bouwmaterialen ten gevolge van de bouwopgave, en het aanbod van (secundaire) grondstoffen (BOB model). Er heeft ook doorontwikkeling plaats gevonden aan de macro-economische modellen, om deze beter toepasbaar te maken voor beleidsondersteuning in de context van Circulaire economie. Verder is ook in Europees verband gewerkt aan vernieuwing van diverse datasets en methodes ten behoeve van beleidsondersteuning op verschillende terreinen. Het betreft bijvoorbeeld modellen voor besluitvorming t.a.v. stortplaatsen.

12 Maatschappelijk Thema Maatschappelijke veiligheid

In het kader van het maatschappelijk thema Maatschappelijke veiligheid voert TNO het VP Veilige Maatschappij uit. Naast de Rijkbijdrage die door het ministerie EZK beschikbaar wordt gesteld (SMO), draagt het ministerie Justitie&Veiligheid bij middels doelfinanciering. Het programma wordt afgestemd met J&V.

vakdepartement	Thema TNO	Vraaggestuurde Programma's
J&V	Defensie en Veiligheid	P102 Veilige maatschappij
J&V	Defensie en Veiligheid	P105 onderzoeksprogramma V&J

12.1 VP Veilige maatschappij

Publieke veiligheidsorganisaties in de Nederlandse maatschappij moeten op hun taken berekend zijn en blijven. Hiervoor is steeds weer nieuwe kennis en innovatie nodig: kennis van nieuwe technologieën, nieuwe werkwijzen, innovatieve benaderingen. TNO doet onderzoek naar oplossingen op het gebied van veiligheid van de Nederlandse samenleving. Dit doet zij in nauwe samenwerking met diverse publieke veiligheidsorganisatie - zoals de Nationale Politie - onder regie van het Ministerie van Justitie en Veiligheid in het Vraaggestuurd Programma Veilige Maatschappij (VPVM). In 2017 zijn hierbinnen de volgende onderwerpen als zwaartepunt opgenomen: Informatievoorziening, Real Time Intelligence, Procesinnovatie en Cybersecurity & Societal Resilience. Hiermee wordt gericht kennis opgebouwd om veiligheidsorganisaties op hun taken berekend te houden en tegemoet te kunnen komen aan de veiligheidsbehoeftes van burgers en bedrijven. De samenwerking tussen TNO, JenV en politie in concrete samenwerkingsprojecten en programma's heeft de afgelopen jaren uitgebreider vorm gekregen. In 2017 is deze *programmatische samenwerking* tot uitdrukking gekomen in het starten van een 8-tal programma's met JenV Doelfinanciering, aanpalend aan het VPVM. Tevens is vanuit het VPVM in een 10-tal Europese onderzoeksprojecten geïnvesteerd (in het Horizon 2020 programma). De programmatische samenwerking tussen TNO, JenV en politie wordt in 2018 verder ontwikkeld.

Highlights

TNO's kennisopbouw in VPVM draait voor een belangrijk deel rond de groeiende rol van informatie voor operationele veiligheidsorganisaties. Een mooi wapenfeit van 2017 was de validatie van het prototype gereedschap (tooling) voor het criminele opsporingsproces: QUIN.

In 2015-2017 heeft TNO de tool QUIN ontwikkeld als ondersteunend middel op basis van 'crime scripting' voor opsporing. Deze tool werd in 2017 ingezet (en daarmee gevalideerd) in het TV-programma HUNTED. Dit heeft waardevolle inzichten opgeleverd in de (on)mogelijkheden en afhankelijkheden voor het toepassen van QUIN voor opsporing.



Figuur 1: QUIN in het tv-programma HUNTED

Vanuit het perspectief van de proces- en menskant van innovatie kijken we terug op de succesvolle start van het programma Het Nieuwe Melden¹ (HNM), waaruit blijkt dat initiële visievorming vanuit een onderzoeksprogramma als het VPVM kan leiden tot een betekenisvol vervolg in een eigenstandig ontwikkel- en onderzoeksprogramma. Vanuit VPVM werd bijgedragen door een visie te ontwikkelen op het *melden met beeld*. Daarbij werd onderzocht wat de impact het aanbieden van een beeld heeft op het 112-protocol, en op de werkwijzen in de meldkamer. Denk hierbij o.a. aan een foto, video of live beeld aan het begin, tijdens of na een melding.

¹ JenV Doelfinanciering