

TNO-rapport**2019 S 011****Vraaggestuurde Programma's
Resultaten 2018****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 1 maart 2019

Auteur(s)

Exemplaarnummer

Oplage

Aantal pagina's 53 (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.

© 2019 TNO

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
2	Topsector Chemie	6
2.1	VP Sustainable Chemical Industry	6
2.2	VP Industriële elektrificatie en CCUS	7
3	Topsector Energie	8
3.1	VP Energie in de Gebouwde Omgeving	8
3.2	VP Urban Energy-EnerGO	9
3.3	VP Solar Energy	10
3.4	VP Wind	11
3.5	VP Towards a CO2-neutral industry	12
3.6	VP CO2 Neutral Fuels and Feedstock	13
3.7	VP Naar een maatschappelijk gedragen energietransitie	14
3.8	VP Energiesysteem	15
4	Topsector High Tech Systems and Materials	16
4.1	VP Cyber Risk Management & System Resilience	16
4.2	VP Radar & Sensorsystemen	17
4.3	VP Human Health RM Nano	18
4.4	VP Automotive Mobility Systems	19
4.5	VP Space & Scientific Instrumentation	20
4.6	VP Semiconductor Equipment	21
4.7	VP Flexible & Free-form Products	23
4.8	VP Sociale Innovatie	24
4.9	VP Environmental Technology	25
4.10	VP HTSM-Bouwinnovatie	26
4.11	VP Intensivering Smart Industry	27
4.12	VP Embedded Systems Innovation	28
5	Topsector HTSM/ICT	30
5.1	VP ICT	30
6	Topsector Life Science & Health	32
6.1	VP Biomedical Health	32
6.2	VP Digital Health Technologies	33
7	Topsector Logistiek en Mobiliteit	35
7.1	VP Betrouwbaar Verkeerssysteem	35
7.2	VP Sustainable Urban Accessibility & Mobility	37
7.3	VP Smart and Sustainable Mobility	37
8	Topsector Water	39
8.1	VP Watertechnologie	39
8.2	VP Karakterisering Grondwater	40
8.3	VP Deltatechnologie	41
8.4	VP Maritime & Offshore	41

9	Maatschappelijk Thema Arbeid en Gezondheid	44
9.1	VP Gezond, veilig en productief werken	44
9.2	VP Gezond, Veilig en Kansrijk Opgroeien	45
10	Maatschappelijk Thema Duurzame Leefomgeving	46
10.1	VP Duurzaam bouwen.....	46
10.2	VP Smart Cities	47
10.3	VP Milieu en Duurzaamheid	48
10.4	VP Circular Economy.....	49
11	Maatschappelijk Thema Maatschappelijke veiligheid.....	51
11.1	VP Veilige maatschappij	51
11.2	VP Kennisopbouw Politie	52

1 Inleiding

De resultaten van de kennisontwikkeling bij TNO, die mede gefinancierd wordt met de Rijksbijdrage die TNO ontvangt, worden in dit rapport 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 Rijksbijdrage toegekend aan TNO (Samenwerkingsmiddelen Onderzoek en doelfinanciering van vakdepartementen) 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 Rijksbijdrage (SMO en doelfinanciering). Het genoemde bedrag geeft de omvang van de Rijksbijdrage die TNO in 2018 heeft ingezet op het betreffende thema.

Chemie (M€ 4,6)
P603 Sustainable Chemical Industry
P616 Industriële elektrificatie en CCUS
Energie (M€ 27,6) (incl. ECN vanaf 1/4/18, incl. EZK/ETM)
P505 Urban Energy-EnerGO
P307 Energie in de Gebouwde Omgeving
P309 Duurzame Energie
P321 Solar Energy
P322 Wind
P323 Naar een CO2-neutrale industrie
P324 CO2 Neutral Fuels and Feedstock
P325 Energietransitie Studies
P326 Energiesysteem
HTSM (M€ 38,8)
P103 Cyber Risk Management & System Resilience
P104 Radar & Sensorsystemen
P511 Human Health RM Nano
P402 Automotive Mobility Systems
P607 Space & Scientific Instrumentation
P612 Semiconductor Equipment
P615 Flexible and Freeform Products
P207 Sociale Innovatie
P512 Environmental Technology
P513 HTSM-Bouw Innovatie
P617 Intensivering Smart Industry
P707 ESI

HTSM/ICT (M€ 6,3)
P706 ICT
Life Science & Health (M€ 8,0)
P203 Biomedical Health
P210 Digital Health Technologies
Logistiek (M€ 3,9)
P401 Betrouwbaar Verkeerssysteem
P514 Sustainable Urban Accessibility & Mobility
P403 Smart and Sustainable Mobility
Water (M€ 3,8)
P504 Watertechnologie
P508 Deltatechnologie
P310 Karakterisering Grondwater
P311 Maritiem en Offshore
Arbeid en Gezondheid (M€ 11,8) (szw)
P204 Gezond, veilig en productief werken (incl. Jeugd)
Duurzame Leefomgeving (M€ 8,4) (i&M en BZK)
P502 Duurzaam bouwen
P509 Smart Cities
P510 Milieu en Duurzaamheid
P515 Circulaire Economie
Maatschappelijke Veiligheid (M€ 10,0) (v&j)
P102 Veilige maatschappij
P105 Onderzoeksprogramma V&J
P106 Kennisopbouw politie

In verband met de additionele middelen die in het kader van het regeerakkoord in 2018 aan TNO zijn toegekend, is een vergelijking van de ingezette middelen met de toegezegde middelen zoals opgenomen in het Kennis-en Innovatiecontract 2018-2019 niet opportuun.

Per 1 april 2018 is het duurzame-energie-onderzoek van ECN toegevoegd aan TNO. De unit die uit de combinatie van het energieonderzoek bij TNO en ECN is ontstaan is genaamd ECN part of TNO. De financiële gegevens hebben betrekking op de situatie vanaf 1 april 2018. De inhoudelijke rapportage is over het gehele jaar 2018.

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.

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 Chemie

Aan de topsector Chemie wordt door TNO vanuit de unit Industry (IND) bijgedragen met het VP Sustainable Chemical Industry. Naar aanleiding van de additionele middelen (Rijksbijdrage) die aan TNO zijn toegekend op grond van het regeerakkoord is in 2018 een nieuw Programma geformuleerd en gestart: Industriële elektrificatie en Carbon Capture, Utilisation and Storage (CCUS).

TKI	Unit TNO	Vraaggestuurde Programma's
Chemie	IND	P603 Sustainable Chemical Industry
Chemie	IND	P616 Industriële elektrificatie en CCUS

2.1 VP Sustainable Chemical Industry

In 2018 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. Also steps were taken to erect a new partnership in the field of sustainable technologies at the Brightlands Chemelot Campus.

Main results for Biorizon were 1) the demonstration of scalability of continuous Diels-Alder technology at TRL5, 2) the development of a continuous aromatization concept and 3) the scientific breakthroughs in the field of heterogeneous catalysis that were realized together with Utrecht University and WFBR. Also important for the Biorizon program is the opening of the demo-facility of the Green Chemistry Campus and the relocation of TNO's pilot skids to this site in Bergen op Zoom. Main results for VoltaChem were 1) the successful proof-of-principle of paired electrosynthesis with coproduction of maleic acid and valeric acid as a showcase, 2) the proof-of-concept of TEMPO-mediated electro-oxidation of 1,2-propanediol to lactic acid combined with the electro-reduction of CO₂ to CO and 3) the increased number of VoltaChem community members with more interest also from the chemical industry.

Main results of BMC subprogram Sustainable Buildings were: 1) proof-of-concept on lab scale for thermochromic solar control windows (TRL = 4), 2) production of thermochromic solar control powders on lab scale (TRL = 3), 3) proof-of-concept for high-refractive index foils for improving the efficiency of photovoltaic panels via optical modeling and 4) PV cover glass color coatings demonstrated at pilot scale (TRL = 6).

Main results for BMC subprogram Lightweight Automotive were realization of demonstrators and customized test equipment for evaluation of adhesion and functionality of parts in over-molding and mechanical recycling by using new facilities of the Fieldlab "Thermoplastics Composites" at the Brightlands Chemelot Campus, and inclusion of process-based crystallization kinetics for over-molding in BMC-TNO's simulation framework.

2.2 VP Industriële elektrificatie en CCUS

The main result for the VP Industrial Electrification & CCUS in the field of green hydrogen and electrochemistry was the development of a Solid Oxide Electrolysis cell production line in Petten and the expansion of the high- and low-pressure electrosynthesis infrastructure in Delft. In Delft this infrastructure was used to develop a proof-of-principle of paired electrosynthesis towards CO with chlorine and lactic acid. Also, the electrochemical and techno-economic modelling capabilities were reinforced, enabling to make the right decisions in further development of electrochemical routes.

Next to electrochemistry research, a first step was made in the field of electric cracking by making an inventory of the state-of-the art and developing a multicriteria analysis tool in order to make a selection in technology and define associated R&D research questions in the coming year.

In the field of carbon capture, better understanding was generated on the mechanism of aerosol growth and its behavior along the absorber column in Post Combustion Carbon Capture (PCCC), aiding in the future development of mitigation strategies for preventing amine emission risks. Also a new technology, Dissolved Oxygen Removal Apparatus (DORA), was developed proven on bench scale, enabling countermeasures against solvent degradation in carbon capture.

Apart from technology developments, we worked on better understanding of the economics and global system perspective of industrial electrification. A business case tool was developed to support in comparing in an objective way the business case of different electrification technologies in the plastic, ammonia and fuel value chains. Also, a strategic system model was developed to better understand the context for industrial electrification and the impact of worldwide energy and feedstock scenario's and changing customer demands on Power-2-X applications. Both tools were applied on showcases from the running program that will publicly be communicated in the next year.

Last but not least, we supported the initiation of industrial Fieldlabs with focus on two important Dutch national industrial clusters: Brightlands-Chemelot and Rotterdam-Moerdijk. These Fieldlabs will be further developed in 2019, contributing to acceleration of technologies towards implementation.

3 Topsector Energie

De uitdaging is om de CO₂-emissies te laten dalen door duurzame energie versneld in te faseren en fossiele energie soepel uit te faseren, terwijl de energievoorziening veilig, beschikbaar en betaalbaar blijft. Tevens is energiebesparing een belangrijk middel. De energietransitie vereist grote technische en maatschappelijke omwentelingen in alle sectoren van de economie, bij overheden en bij burgers.

In april 2018 is het Energieonderzoekscentrum ECN samengegaan met TNO. Het toegepast onderzoek naar de energietransitie is binnen TNO gebundeld in de Unit ECN part of TNO. Dit gebeurt in nauwe samenwerking met andere Units van TNO waar aanpalend onderzoek wordt verricht, zoals Building, Infra & Maritime, Circular Economy & Environment, Industry en Traffic & Transport.

De ambitie van ECN part of TNO is om samen met kennisinstellingen, bedrijven en de overheid de energietransitie te versnellen zodat Nederland in 2050 een energieuishouding 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.

Na de samenvoeging van ECN en TNO op 1 april 2018 zijn ook de onderzoeksprogramma's samengevoegd. Dit heeft geleid tot 9 Vraaggestuurde Programma's (VP's), vrijwel allemaal één-op-één gelinkt aan de onderzoeksprogramma's van de Topsector Energie.

TKI	Unit TNO	Vraaggestuurde Programma's
Urban Energy	ECN part of TNO	P307 Energie in de Gebouwde Omgeving
Urban Energy	BI&M	P505 Urban Energy-EnerGO
Urban Energy	ECN part of TNO	P321 Solar Energy
Wind op Zee	ECN part of TNO	P322 Wind en P329 Meetprogramma Wind op Zee
Energie & Industrie	ECN part of TNO	P323 Towards a CO ₂ -neutral industry
Nieuw Gas en Biobased Economy	ECN part of TNO	P324 CO ₂ Neutral Fuels and Feedstock
MVO	ECN part of TNO	P325 Energietransitie
Systeemintegratie	ECN part of TNO	P326 Energiesysteem

3.1 VP Energie in de Gebouwde Omgeving

Het onderzoek in het Vraaggestuurde Programma Naar een energiepositieve gebouwde omgeving is in 2018 opgezet en richt zich op de warmte-technische en daaraan gekoppelde sociaaleconomische aspecten van aardgasvrije wijken. De focus ligt op geothermie, hoge-temperatuur seizoensopslag en 4e generatie warmtenetten respectievelijk besluitvormingsprocessen, business modellen voor energiepositieve bedrijventerreinen en sociaal en juridisch onderzoek voor

aardgasvrij wonen. De beoogde impact is een bijdrage aan een betaalbaar en betrouwbaar alternatief voor aardgas als bron van warmte in de gebouwde omgeving, en nul uitstoot van CO₂ in 2050. Dit VP is onderdeel van het overkoepelende programma Aardgasvrije Wijken dat bestaat uit drie speerpunten: 1) versnelde renovatie van gebouwen; 2) succesvolle wijkaanpak; en 3) verduurzaming van de lokale warmtevoorziening.

In 2018 zijn methodieken op het gebied van besluitvormingsprocessen ontwikkeld, veelal gekoppeld aan afwegingskaders. Hieraan zijn de indicatoren 'flexibiliteit' en 'toekomstbestendigheid' toegevoegd. Flexibiliteit wordt uitgedrukt in zogenaamde adaptation costs, toekomstbestendigheid bestaat uit de sub-indicatoren beschikbaarheid, robuustheid en diversiteit. Dat biedt inzicht in de veerkracht en risico's van technologieën. Een inventarisatie van bestaande procesaanpakken in complexe vraagstukken is omgezet naar een set basisprincipes voor besluitvormingsprocessen rond de energietransitie. De resultaten van dit project biedt partijen die gezamenlijk besluiten moeten nemen een set van criteria / indicatoren en basisprincipes voor een gedragen procesaanpak. Tevens is de Energie Potentieel Scan (EPS) ontwikkeld om een inschatting te maken welke energie maatregelen voor een pand en een bedrijventerrein relevant zijn, welke investering daarvoor nodig is en welke opbrengsten dat oplevert. De EPS is op 20 bedrijventerreinen getest en direct toegepast.

Op het gebied van verduurzaming van de lokale warmtevoorziening zijn in 2018 de volgende resultaten geboekt. Allereerst is ThermoGIS ontwikkeld – een publiek web-based geografisch informatie systeem met als belangrijkste doel het bedrijfsleven en overheden te ondersteunen bij het ontwikkelen van winning van aardwarmte uit de Nederlandse ondergrond. ThermoGIS bevat kaarten van de diepte, dikte, permeabiliteit en temperatuur van potentiële aquifers in Nederland. Daarnaast zijn verschillende haalbaarheidsstudies naar ondergrondse warmteopslag op hoge temperatuur (HTO) uitgevoerd. Dit heeft o.a. geleid tot de start van HEATSTORE; een 16 miljoen euro groot Europees onderzoeksproject om technologieën voor ondergrondse seizoensopslag van duurzame warmte marktrijp te maken. In zes demonstratieprojecten in Nederland, België, Duitsland, Frankrijk en Zwitserland worden opslagtechnologieën gedemonstreerd in combinatie met diverse warmtebronnen zoals geothermische warmte, zonnewarmte en restwarmte uit bijvoorbeeld afvalverwerking. Tot slot heeft TNO de ontwerp- en optimalisatietools CHESS en HeatMatcher ingezet in twee praktijkcases – een in de glastuinbouw met gebruik van geothermie en warmteopslag en een in een woonwijk dat gebruik maakt van de warmte van een datacenter. Door verschillende simulaties van het warmtetransport in het net is inzicht gegeven in de warmteflow als functie van de warmtevraag. TNO heeft aangetoond dat het mogelijk is pijpleidingen kleiner te dimensioneren, wat een significant effect heeft op de kosten van de pijpleidingen met een potentiële reductie van de CAPEX tot maar liefst 50%; een mogelijke besparing van tientallen miljoenen euro's op dit warmtenet.

3.2 VP Urban Energy-EnerGO

Binnen dit programma wordt gewerkt aan nieuwe of verbeterde technieken voor toepassing in zeer energiezuinige gebouwen (NZEB). Er wordt gewerkt aan een aantal technieklijnen:

a) Verliesvrije Warmteopslag; hier wordt gewerkt aan materialen en prototypes met een steeds hogere opslagdichtheid. In 2018 zijn de eerste testresultaten verzameld aan een nieuw type compacte opslag, warmteopslag in metaal-redoxreacties. Er is een werkend laboratorium-prototype ontwikkeld waarin voor het eerst een beheersbare warmtelevering is gedemonstreerd. Dit maakt het in principe mogelijk om systemen te ontwikkelen met een opslagdichtheid van ca. 10 GJ per m³. Tevens wordt in nationaal en Europees verband bijgedragen aan zouthydraten gebaseerde demonstrators.

b) Ventilatie: Er is een balansventilatiesysteem met warmteterugwinning ontwikkeld geschikt voor de renovatie van scholen dat 80% lagere energiekosten heeft voor koeling en luchtfiltering van o.m. fijnstof. Koeling vindt plaats met dauwpuntkoeling door water in een tegenstroomwarmtewisselaar in de afvoerstroom te laten verdampen. In de warmtewisselaar wordt hiermee de toevoerlucht gekoeld. Voor filtering is een 10.000 m³/uur elektrostatische filtermodule ontwikkeld die toepasbaar is in luchtbehandelingskasten. Deze module heeft een 80% lagere drukval vergeleken met conventionele fijnstof filters. Hierdoor is het systeem uitermate geschikt voor scholen op gevoelige locaties, zoals langs drukke wegen, die worden blootgesteld aan fijnstof en roet.

c) Brede integratie van zonne-energie. Deze lijn richt zich op het steeds breder inpassen van zonne-energiesystemen in de gebouwde omgeving. Demonstratie projecten zijn o.a. gerealiseerd met toepassing van een zonne-energiesysteem 1) op de nok van een woningdak 2) op geluidsschermen langs snelwegen 3) op oppervlaktewater, en wordt gewerkt aan gebouw geïntegreerde low cost zonnecollectoren met een geplande demonstratie in 2019.

3.3 VP Solar Energy

The research program Solar Energy addresses the challenge of rapid, very large scale utilization of photovoltaics (PV), in particular to help reaching national and international climate targets. It is carried out with many private and (semi)public partners and the priorities largely coincide with those of the TKI Urban Energy and the recent draft Climate Agreement, but also with the priorities set on a European level by the European Technology and Innovation Platform on Photovoltaics (ETIP PV). Key topics are further cost reduction, new (especially integrated) applications, and enhanced sustainability. As far as influenceable by PV, also energy system integration is addressed. The program is divided in two main parts: PV Technologies and PV Systems & Applications, together covering most of the PV value chain.

Selected important results obtained in 2018 are demonstration of:

- Bifacial silicon cells with an efficiency of 22% and corresponding bifacial modules with a power up to 365 watt. Bifacial modules are calculated to have a 10-30% higher annual energy output than comparable monofacial modules and field tests to verify these numbers are ongoing. They are rapidly becoming the new standard in PV power plant design.
- Curved/flexible silicon module based on new packaging material, which further broaden the application possibilities. This is important to serve the growing

- need for non-standard, fit-to purpose system designs, as also outlined in the innovation priorities of the draft Climate Agreement.
- Novel metal-oxide-based passivation layers for potential enhancement of efficiency and energy yield of silicon cells, also in relation to first two results. Initial efficiency obtained is 18%.
 - 27% efficient perovskite-silicon tandem solar cell, which is a milestone proving that tandems can do better in absolute terms than even the best silicon or thin-film cell made in the history of PV. Further, an efficiency above 20% for a flexible perovskite-CIGS all-thin-film tandem solar cell has been achieved.
 - Thin-film perovskite solar cells with efficiencies up to 20% for glass substrates and 16% for flexible substrates and roll-to-roll processing. Thin-film perovskite solar modules with efficiencies up to 14% on glass (also for bifacial lay-outs) and 12% on flexible substrates and by applying roll-to-roll processing. These are globally seen as a potential low-cost alternative for current thin-film PV modules and foils.
 - Huge stability improvement of perovskite solar cells by applying low-cost protection layers. This is a sine qua non for large-scale professional use of perovskite-based PV.
 - Technology (interconnection) for low-loss manufacturing of free-form thin-film modules and foils. Such modules broaden the application range of thin-film PV, see also second bullet.
 - Solar modules with a range of different appearances (colors, patterns) and a lower-than-expected power penalty. Also this results contributes importantly to serving the demand for system designs beyond “one size fits all”.

3.4 VP Wind

Bij de onderhandelingen over het klimaatakkoord is duidelijk geworden dat offshore windenergie een wezenlijk belangrijk onderdeel van het energiesysteem zal worden om zo de CO₂ uitstoot te verminderen. Met de overheid en maatschappelijke organisaties heeft TNO de visie geponeerd dat in 2050 tussen 50GW en 70GW aan offshore windenergie operationeel zal moeten zijn op het Nederlandse deel van de Noordzee. In 2030 is de Nederlandse doelstelling om 11GW tot 18GW offshore windvermogen draaiend te hebben.

Momenteel is bijna 1GW offshore windvermogen in Nederland gebouwd. Er zal tot 2030 11 maal zoveel zal worden bijgebouwd, daarna zal de groei nog steeds enorm zijn. TNO heeft haar onderzoekprogramma erop gericht om deze groei efficiënt en effectief te kunnen ondersteunen en tegelijkertijd kansen te creëren voor de Nederlandse economie. Het TNO-innovatieprogramma ondersteunt de ontwikkeling en bouw van de windparken met offshore windmetingen, effectievere turbines, verbeterd onderhoud en met name innovatieve schepen en gereedschap. De ondersteuning van TNO om een geïndustrialiseerde benadering van offshore windparken te creëren heeft tot grote kostenreductie geleid.



De innovaties in offshore windenergie die het R&D programma “Windenergie” heeft gerealiseerd in 2018 hebben geresulteerd in:

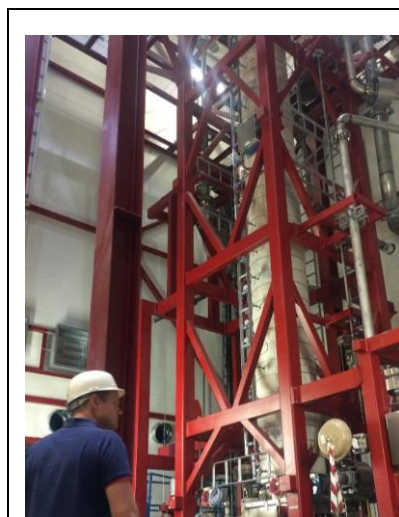
- Reductie van de prijs van offshore windstroom. TNO heeft voor 4 nieuwe turbines certificatie-metingen gedaan, waarmee deze turbines sneller op de markt zijn geïntroduceerd. De TNO innovaties in bladontwerp en verbeteringen in de (internationale) ontwerpcodes leiden tot grotere en efficiëntere bladen; de TNO-innovaties in installatie, onderhoud en beheer besparen onze partners veel kosten.
- Integratie in het energiesysteem door flexibiliteit, opslag en markt. TNO heeft een positiepaper over flexibiliteitsopties voor offshore windparken aan de klimaattafels geleverd met het pleidooi voor onderzoek en demonstratie.
- Ruimtelijke en sociale inpassing, multifunctioneel gebruik van ruimte. Na het goed ontvangen rapport over energielandschappen, waarin TNO een pleidooi heeft gedaan voor het op grote schaal integreren van duurzame energieopties in ons landschap, is in 2018 voortgang gemaakt met innovaties op gebied van het voorkomen van vogel en vleermuis slachtoffers.
- Ontwikkeling van compleet nieuwe concepten. TNO heeft met Nederlandse industrie een drijvende, verticale-as windturbine ontworpen en daarvoor de design-tools verbeterd. TNO heeft een onderhoudsconcept ontwikkeld voor vliegende kite-systemen. Er is R&D roadmap gemaakt inzake cyber security in windparken.
- Een competitieve positie voor de Nederlandse wind-industrie. TNO ontwikkelt in Taiwan een kennisbasis voor onderhoud van offshore windparken. Onder andere de 20 GROW partners gebruiken de TNO kennis en innovaties om concurrerend te zijn en zo een gezonde offshore wind sector ontwikkelen met groene banen.

3.5 VP Towards a CO₂-neutral industry

The demand driven program “Towards a CO₂ neutral industry” responds to the societal need for a carbon neutral industry. This is in line with Mission C describing the transition to a climate neutral industry in 2050 . Within this program, four solution pathways have been identified for the development of technologies that are robust towards various future energy scenarios for a society that has a net zero CO₂ emission: Heat, Efficiency and Circularity, Electrification and Products based on Renewable Electricity, and Carbon Capture Use and Storage for the Energy Intensive Industry.

Some of the main results of ECN part of TNO in 2018 are:

- Second campaign on the STEPWISE advanced capture pilot demonstration in the steel industry has been successfully concluded, a grand total of 5000 cycles of loading and unloading of the sorbent has been achieved. All the targets in terms of capture effectiveness, costs and future prospects were met
- Cost reduction for thermo acoustic heat pump technology is being achieved through the development of a compact version with a long resonator. The first prototype has been built and is ready for testing under industrially relevant conditions.



STEPWISE advanced CO₂ capture pilot built and operated by ECN part of TNO.



Compact Thermo Acoustic heat pump

3.6 VP CO₂ Neutral Fuels and Feedstock

The research program Towards CO₂-Neutral Fuels and Feedstock was formed in 2018 as a result of the integration of ECN and TNO per April 1st 2018. It addresses the rapid transition from traditional fuels and feedstock towards renewable, CO₂-neutral fuels and feedstock like biobased fuels and synthetic fuels (hydrogen). The program is carried out with many private and (semi)public partners and its priorities largely coincide with those of the TKI Urban Energy and the recent draft Climate Agreement. The research program has 3 main topics:

- **Traditional fuels and feedstock:** to support safe, efficient and reliable natural gas production from small fields, LNG and CNG, cost effective solutions for reuse, repurpose and decommissioning of installations;
- **Biobased fuels and feedstock:** to support technology development and provide implementation-support to enable 500 PJ biobased fuels and feedstock use in the NL by 2030, with a strong involvement of Dutch industry to enable meeting the GHG reduction targets for mobility/transport and other energy functions, and for green chemistry.
- **Synthetic fuels and feedstock:** to support production of hydrogen through electrolysis and conversion to synthetic fuels and/or chemical building blocks.

Selected important results obtained in 2018 are:

- Extensions of TNO's software tool EVEReST that performs model-based optimization of subsurface exploitation strategies under (geological) uncertainty. With these new additions:
 - o Gas Network Operators can find the optimal setting of operation conditions for their gas network distribution (with a huge (up to 88%) reduction in power consumption without depriving any consumers of gas);
 - o Well placement for geothermal energy production can be optimized, so that energy production from geothermal sources can be maximized;
 - o The relevancy of a key Fuel & Feedstock technology was investigated in another domain, namely wind park design.
- Development of big data tools that make it possible to understand, interpret and ultimately make decisions on results from complex big data driven models.
- A successful mobile 50 l/h pilot (TORWASH®) with (digested) sewage sludge showed that a positive business case with potential savings of 1 M€/year. Sewage sludge could be dewatered to 50% dry matter in the pressed cake, allowing the production of a solid fuel (e.g. for cement kilns), while the effluent can be digested in a compact industrial UASB digester to produce biogas.
- The new seaweed lab in Petten (Opened in November) produced successfully 120 l of desalted and concentrated seaweed-based sugar syrup in its first tests.

3.7 VP Naar een maatschappelijk gedragen energietransitie

De energietransitie is in 2018 uitgegroeid tot een van de grootste thema's in het maatschappelijk debat. Dan gaat het meestal over de kosten voor Nederlandse huishoudens, over de impact op de leefomgeving of over de concurrentiepositie van de Nederlandse bedrijven. Het nieuwe TNO-onderzoeksprogramma *Naar een maatschappelijk gedragen energietransitie* houdt zich bezig met de economische, sociale, gedrags- en bestuurlijke aspecten van de energietransitie.

In 2018 hebben we bijgedragen aan de versterking van de Nederlandse energie-kennisbasis door decarbonisatie-opties voor verschillende industriële sectoren in kaart te brengen. Er zijn technologie-factsheets met daarin technische en economische gegevens van energie-technologieën opgesteld, die zullen worden gepubliceerd op een webportaal dat feiten en inzichten biedt voor beleidsmakers op energiegebied. Een van de bevindingen was dat verduurzaming van de ruim 1200 PJ aan koolstofhoudende energiedragers in de chemie en de brandstoffensector, waarvan delen tot een grote toename van de vraag naar duurzame stroom en duurzame koolstof gaat leiden. Belangrijk hierbij is de bron van de CO₂: als dat afgevangen CO₂ van fossiele oorsprong is, past hergebruik van die CO₂ in bijvoorbeeld kortcyclische plastics of synthetische brandstoffen niet in een CO₂-emissieloze toekomst. Als koolstofbron voor kortcyclisch hergebruik, is de ontwikkeling van CO₂-afvang uit de atmosfeer (CO₂ air capture) van belang. Fossiele CO₂ kan wel hergebruikt worden in producten met een lange levensduur, zoals in bouwmaterialen.



Met het Europese elektriciteitsmarktmodel COMPETES is aangetoond dat het economisch aantrekkelijk is om vooral in te zetten op grote flexibele afnemers van

elektriciteit. Met ons mondiale TIAM-ECN model is onderzocht dat de financieringskosten van energietechnologieën een veel grotere rol spelen in de energietransitie dan gedacht.

Op het gebied van aardgasvrije verwarming van gebouwen is gevonden dat de transitie kan worden versneld door integrale oplossingen aan te bieden en het duurzaam verwarmen te combineren met andere woningaanpassingen. Verder zijn de sociale gevolgen van de energietransitie onderzocht. Voor het draagvlak voor de energietransitie is een eerlijke verdeling van lusten en lasten van belang. Ook is onderzocht hoe de publieke participatie is geregeld bij energieprojecten. Het is belangrijk voor het draagvlak bewoners in een vroeg stadium te betrekken bij het ontwerpen van bijvoorbeeld zonneweides.

3.8 VP Energiesysteem

Het onderzoek binnen het vraaggestuurde programma Energiesysteem richt zich op een integrale (technologische en economische) benadering van de transitie van het energiesysteem, in het bijzonder op de planning, respectievelijk de operationalisering van transitie-plannen. De beoogde impact hierbij is een versnelling naar een CO₂-arme/vrije energiehuishouding. De focus van het programma ligt op de: analyse van regionale energiesystemen, ontwikkeling van basistools voor het uniform vastleggen en uitwisselen van objectieve en feitelijke informatie over regionale energiesystemen en het (digitaal) operationaliseren van energieflexibiliteit. In 2018 heeft TNO als specifieke resultaten o.a. een beschrijvingstaal, ESDL (energy system description language), ontwikkeld die energie informatie op eenduidige manier vastlegt. Diverse partijen buiten TNO hebben aangegeven dat zulke beschrijvende tools in een actuele behoefte voorzien. Op basis van ESDL is verder een geografisch energie informatie systeem (GEIS) ontwikkeld waarin deze energie-informatie tot een wenselijk niveau is te combineren en te aggregeren. Voor het maken van afwegingen bij keuzen in mogelijke energietransitie-ontwikkelingen heeft TNO in 2018 verschillende instrumenten ontwikkeld en doorontwikkeld (afgewogen besluitvorming, value case methodologie (VCM), marktsimulaties (EYETOOL) en integrale energie simulaties (ESSIM) en met succes toegepast in een aantal cases (Ameland, Eemshaven). Op het gebied van energie-flexibiliteit is in het programma o.a. gewerkt aan digitalisering van flexibiliteit om vraag en aanbod bij elkaar te brengen (EFI, EF-PI, standaardisatie), en aan een handelsplatform met slimme algoritmes dat rekening houdt met toekomstige beschikbaarheid van flex (REFLEX platform). Op standaardisatie-gebied zijn in 2018 met succes de protocollen en flex interfaces (EFI, EF-PI) internationaal op de standaardisatie agenda van CEN CENELEC ingebracht. Op landelijk, politiek niveau is door het programma in 2018 bijgedragen aan de totstandkoming van de KIA systeemintegratieroadmap (in opdracht van TopSector Energie). Deze roadmap is vervolgens het fundament geworden onder het MMIP 'een gedragen energiesysteem' (Missiegedreven Meerjarige InnovatieProgramma). Tenslotte, binnen het TNO programma Energiesysteem wordt geparticipeerd in diverse Europese fora voor energieonderzoek en toepassingen. Zo is in 2018 door TNO actief bijgedragen in ETIP SNET verband aan de totstandkoming van systeemintegratie onderwerpen en digitalisering op de EU-agenda.

4 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 units van TNO wordt daarom bijgedragen aan de roadmaps van de topsector HTSM. De belangrijkste inbreng voor de topsector HTSM komt van de unit Industry (IND), maar ook vanuit de units ICT, Defence, Safety and Security (DSS), Circular Economy and Environment (CEE), Buildings, Infrastructure and Maritime (BI&M), Traffic&Transport (T&T) en Healthy Living (HL) komen resultaten van de kennisontwikkeling ten goede aan de doelstellingen van HTSM-roadmaps.

TKI	Unit TNO	Vraaggestuurde Programma's
HTSM	DSS	P103 Cyber Risk Management & System Resilience
HTSM	DSS	P104 Radar & Sensorsystemen
HTSM	CEE	P511 Human Health RM Nano
HTSM	T&T	P402 Automotive Mobility Systems
HTSM	IND	P607 Space & Scientific instrumentation
HTSM	ND	P612 Semiconductor Equipment
HTSM	ND	P615 Flexible and Freeform Products
HTSM	HL	P207 Sociale Innovatie
HTSM	CEE	P512 Environmental Technology
HTSM	BI&M	P513 HTSM-Bouw Innovatie
HTSM	ND	P617 Intensivering Smart Industry
HTSM	ICT	P707 ESI

4.1 VP Cyber Risk Management & System Resilience

Digitale veiligheid is een essentiële voorwaarde voor een welvarende samenleving en een sterke economie. Door de snelle digitalisering van de samenleving en technologische ontwikkelingen staat Nederland voor een voortdurende complexe uitdaging. Het doel van het Vraaggestuurd Programma Cyber Risk Management & System Resilience is tweeledig: de totstandkoming van kennis- en innovatieproducten om zowel Nederland digitaal veiliger en weerbaarder te maken als bij te dragen aan het Nederlands verdienvermogen op cybersecurity. Hierbij focust het programma op vijf thema's.

Het thema 'Security and Resilience Concepts' bouwt aan een robuuste en effectieve informatiedeling en samenwerking tussen partners in het digitale domein, zodat de Nederlandse samenleving als collectief in staat is om goed digitale risico's te identificeren, tijdig dreigingen kan detecteren en effectief kan handelen bij incidenten. In 2018 heeft TNO in een pilot toegewerkt naar een functionerend informatieknooppunt voor het Cyber Weerbaarheidscentrum Brainport. Met de pilot is kennis ontwikkeld die nodig is om in het landelijk dekkend stelsel cybersecurity informatie met elkaar uit te kunnen wisselen.

Binnen de thema's 'Security Monitoring & Detection', 'Automated Security', en 'Transaction Security' wordt essentieel technologisch onderzoek uitgevoerd naar

het detecteren van digitale dreigingen, het automatisch afwenden van aanvallen en het veiliger maken van digitale informatie-uitwisseling. De producten uit deze thema's zijn belangrijke ingrediënten voor organisaties om hun digitale veiligheid te versterken. In 2018 is voor monitoring en detectie de kennisbasis verstevigd door succesvolle deep learning experimenten: het principe van automatisch kunnen baselinen van netwerkverkeer met auto-encoders is aangetoond; en zijn voor threat hunters interactieve en flexibele visualisaties gerealiseerd. De kennisbasis voor automated security is verstevigd door de ontwikkeling van de security and decision support tool, waarmee Cyber Threat Intelligence en security events geautomatiseerd geanalyseerd kunnen worden en automatisch kan worden bepaald wat mogelijke (of zelfs de beste) vervolgacties zijn om een dreiging of een aanval te pareren. En voor transaction security staan twee H2020 projecten centraal waarbij consortia onderzoek doen naar crypto technieken voor in het postquantum tijdperk (PROMETHEUS) en naar nieuwe data gedreven tools voor rechtshandavingsorganisaties, die belast zijn met het onderzoeken van criminele of terroristische activiteiten met betrekking tot virtuele valuta's en ondergrondse markten in het darknet (TITANIUM).

Het thema 'Secure Behavior & Cyber Safe Culture' kijkt naar risicoperceptie en onveilig gedrag van werknemers in het digitale domein, en hoe dat zich vertaalt naar maatregelen om cyberveiligheid bij organisaties te vergroten. In 2018 heeft TNO de Cyber Security Assistent (CSA) ontwikkeld, een digitale tool die organisaties ondersteunt in het identificeren van het cyberonveilige gedrag dat veranderd moet worden, het begrijpen van de aard van dat gedrag en tenslotte het kiezen van een gepaste interventie om het gedragsdoel te faciliteren op een cyberveilige manier.

Binnen deze thema's wordt er gekeken naar zowel de technologische uitdagingen, als ook bijbehorende beleids- en gedragsvraagstukken, met het doel om de cyber capaciteiten van de Nederlandse overheid en bedrijfsleven te versterken. Hiervoor wordt er nauw samengewerkt met de overheid, het bedrijfsleven en wetenschappelijke partners, internationale organisaties en netwerken. In het Shared Research Programma Cybersecurity met ING, ABN AMRO Rabobank, Achmea, Volksbank en TNO is in 2018 de onderzoekslijn 'Human Factors in cybersecurity' toegevoegd. Het eerste project in deze nieuwe onderzoekslijn is eind 2018 gestart en heet 'Cyber security end-user behaviors'.

4.2 VP Radar & Sensorsystemen

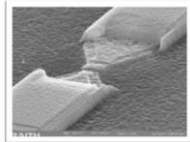
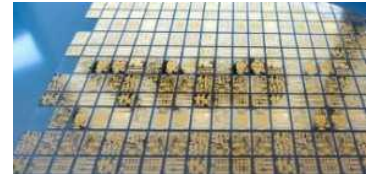
The TNO applied research carried out in this VP is reported in the HTSM Roadmap Security and in the HTSM Roadmap Electronics and contributes to the Societal Theme 'Security' and in particular to its mission Maritime High Tech. The VP consisted in 2018 of 3 program lines: Radar and Integrated Sensor Suites, Mission Critical Systems and Passive Sensors for Defence and Security. In 2018 also 2 new activities are carried out, both within the scope of Missiegedreven Topsectorbeleid: Quantum Sensing and D-RACE Advanced Radar Technology (D-ART).



A major highlight in 2018 in Radar and Integrated Sensor Suites was the joint start of the development of an Evolution Design Model (EDM) to demonstrate at TRL 5 a X/S band one-radar system that is functionally integrated with ESM for the next generation of frigates of the Royal

Netherlands Navy: critical technologies are demonstrated; system building blocks are integrated and tested; the design architecture and specifications are defined. Regarding D-ART, a Radar Experimental Facility is defined and procured.

The DAISY project developed front-ends that are crucial for future low-cost X-band Active Electronically Scanned Array (AESA) radars and consist mainly of a chip set designed by TNO. In 2018 these ICs have been finalized. The availability of this chip set is of paramount importance for the achievement of the price target.

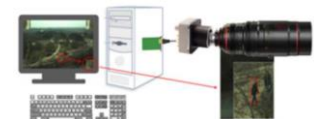


Within the scope of quantum sensing a successful process integration of Josephson Junctions (JJ) was demonstrated, a key component for quantum sensor and radar, by fabricating a total of 312 working JJ's with a 97.4% yield.

Mission Critical Systems are complex software-intensive management systems that are crucial for successfully carrying out missions in the defence/security area. The H2020 project MARISA demonstrated to naval security communities a data fusion toolkit to correlate and fuse various heterogeneous and homogeneous data and information. In September 2018 TNO successfully organized the MARISA North Sea Trial in collaboration with the Netherlands Coastguard. The MARISA Toolkit from TNO automatically detected vessel anomalous behaviours during this live trial.



The program line Passive Sensors for Defence and Security focusses on using optical sensors for security and defence and associated image processing. The European ECSEL project EXIST was successfully completed at the end of 2018. Our contribution aimed at the development of a camera performance evaluation, prediction and optimization tool. This tool does its performance predictions based on image simulations and is therefore much more realistic than earlier models that used analytical approaches. With the help of the new tool, new camera systems can be developed that can combine the contributions of optics, sensor and processing much more balanced and thus lead to more effective and better systems.



4.3 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. TNO has therefore in 2018 invested in solutions to overcome these issues resulting in user friendly tools, guidance and training for industry and SMEs to help companies to support safe innovation and compliance with the regulations over the complete life cycle in various stages of the development process. TNO's work in 2018 has resulted in extensive knowledge on the effectiveness of Risk Management Measures to mitigate exposure to nanomaterials has been established and has been built into an on-line searchable tool (ECEL). Strong collaborations with national and international research institutes have been intensified in 2018 in various Horizon 2020 projects. TNO has intensified their knowledge in 2018 to match the database of physical/chemical properties, system biologic effects and the toxicity of NM with the methodologies developed within the project eNanoMapper. By participation in EU projects, TNO has a strong international network. TNO in 2018 actively participated in the NanoSafetyCluster and chairs the working group on hazard and exposure assessment, which resulted in a key position in exchange of scientific knowledge between European research institutes, industries and policy makers. This also resulted in an increased interest from companies to invest in characterizing and minimizing the risks for the production and use of solar panels, semi-conductor industry, chemical industry, and printing industry. Based on clear industrial needs TNO engaged in 2018 with industrial partners to develop methodologies to assist industries and industrial sectors. Testing of operational feasibility of scientific and technical requirements for data harmonization has resulted in a strengthened position of TNO in exposure data harmonization in Europe. The Ministries of I&M and SZW highlighted again the importance it attaches to the development of nanomaterials/nanotechnology because of the opportunities for economic growth and social issues. It was also stressed that these developments should be in balance with the risks, so the opportunities are exploited in a responsible manner (safe-by-design).

4.4 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 2018 zijn de volgende resultaten bereikt:

- Start van het grote EU project ENSEMBLE, waarin met de 6 Europese truck fabrikanten multi-brand platooning (automatisch achter elkaar rijden met trucks van verschillende fabrikanten) zal worden gerealiseerd onder leiding van TNO. De TNO bijdrage aan dit project wordt mogelijk gemaakt door een contrafinanciering vanuit de Rijksbijdrage.

- De Scenario database Streetwise (waarin scenario's die reële verkeerssituaties weerspiegelen) is geïntegreerd op MS Azure. Het biedt scenariodetectie en automatische categorisering van gebeurtenissen en beoordeelt daarmee Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) en automatisch rijdentoepassingen. Op deze manier kunnen opdrachtgevers makkelijk toegang krijgen tot een web-based service om test cases uit de Streetwise database te benaderen.
- Er is een beslissysteem ontwikkeld ("unified decision making method") dat gebruikt kan worden bij het autonoom rijden SAE L4 nivo (de bestuurder is hier niet meer verantwoordelijk en "out of the loop"). Dit beslissysteem bepaalt wat het systeem moet doen in bepaalde situaties.

2. Sustainable Vehicles:

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 NOx 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 voertuigvloten in een stedelijke omgeving te optimaliseren in de transitie naar volledig elektrisch vervoer.

In 2018 zijn de volgende resultaten bereikt:

- Oriëntatie document opgesteld voor duurzame brandstoffen voor Lange, Zware Vrachtwagens (LZV's), als opmaat voor de TNO brede visie voor duurzame brandstoffen.
- In samenwerking met DAF en Sensata is de DAF MX13 motor aangepast om te kunnen werken met verschillende brandstoffen. Daarbij is een control methodologie ontwikkelend en succesvol getest.
- TNO is een samenwerking gestart met VDL en Heliox gestart rondom analyse van big data uit de voertuigoperatie van VDL. Met behulp van Artificial Intelligence kan maintenance nu beter voorspeld worden.



4.5 VP Space & Scientific Instrumentation

Our multi-annual R&D program supports our ambition to:

- Contribute to **preventing climate change**
- Allow for **secure broadband connectivity**
- Help **understanding the Universe**
- Support **economic growth in the Netherlands and the European Union**

Therefore, we organize the VP along the following program lines:

- Instruments for **Earth Observation** and related **Space Data Utilization and Climate Modelling**
- Technologies for **Satellite Communication**
- **Scientific Instrumentation**, including instruments for **Big Science**, **Groundbased Astronomy**, **Space-based Astronomy** and **Diagnostics for Fusion Energy**
- **Igniters and Propulsion Systems**

Within the Earth Observation programme a metrology system was developed in support of the Telescope, Scrambler and Beam splitter Optical Assembly (TSBOA) of Sentinel 5. This novel system allows for measuring the performance of space telescopes to an unprecedented level.

Additionally Mechanical Ground Support Equipment (MGSE) for Sentinel 5 UV1 was manufactured and commissioned successfully.

For Laser Satellite Communication a study concerning a Bulk Multiplexer concept was performed, focusing on the combination of spectrally dense channels for free space optical communication.

Work on RF Satellite Communication resulted in two simulation tools for 1) atmospheric absorption including the simulation of propagation losses in a satellite down link, and 2) for the RF link budget calculation and trade-off assessments for multiple scenarios.

A study for LISA resulted in a model for optical noise which is relevant for a better understanding of the needs for a continuous fine tuning for pointing the laser links between the spacecrafts and the resulting need for refocusing of the telescope.

In our Climate Modelling programme Aerosol Optical Depth (AOD) data from the new Himawari-8 satellite instrument were assimilated for improving dust emission field algorithms in simulation models.

Furthermore an Observing System Simulation Experiment (OSSE) was designed combining Sentinel 4 and Sentinel 5P data. The results support the need for having a combination of GEO and LEO missions for NO₂ analyses.

Finally, TNO became official member of the KM3NeT collaboration, and in this context a new sensor for the optical hydrophone was developed which has an operational frequency range that is beyond state-of-the-art.

4.6 VP Semiconductor Equipment

The last years, the Demand Driven Program Semiconductor Equipment evolved to the set of subprograms as listed below. This evolution follows the market where equipment manufacturers driving the next node production technology, allowing device manufacturers, researchers and designers to work towards new concepts and applications. The last one Industrial Instrumentation has gained dedicated Demand Driven Program for the coming period. The subprograms will be described each in this report:

- Semiconductor Equipment (Lifetime and Metrology)
- Medical Photonics
- Photonic Integrated Circuits
- Quantum Technology
- Industrial Instrumentation

Semiconductor Equipment

After many years of Optics Lifetime research in the Extreme Ultra Violet domain (EUV), TNO invested in a new EUV Beamline for contamination and degradation mechanism research. The system is started to be operational in 2018 and opened a new field of EUV lifetime studies. Besides this TNO also made new steps in sub

surface metrology with scanning probe microscopy. This year FinFET structures were measured successfully, using photo thermal acoustic actuation of the SPM's cantilever.

Medical Photonics

TNO's Medical Photonics program aims to accelerate medical and technological innovations and their implementation in health care. In 2018 we have developed a first Proof of Concept retinal imaging device that can quantify the concentration of diagnostically relevant molecules. Furthermore, we have started a spin-off company, Delta Diagnostics, that will bring a biosensor based on photonic integrated circuits to the market.

Photonic Integrated Circuits

TNO believes that integrated photonics will gain importance in the coming years, and aims to be a key player in this field. In 2018, TNO has closely worked with the Dutch integrated photonics community Photon Delta to create an investment plan over the coming 8 years, which lead to the allocation of M€ 240 by the Dutch national and local governments. TNO has identified the integrated photonics applications that match current VP and ERP programs, and has invested in the team, in software and in a demonstrator on wafer-level photonic packaging to strengthen TNO's position in integrated photonics.

Quantum Technnnology

Roadmap A: Topologically protected quantum computing

Main objective: braiding with Majorana's in 2020 in order to create qubits with the potential of very long coherence times.

Roadmap B: Fault- tolerant quantum computing

Main objective: a 49 qubits device in 2020, controlled with surface code driving. Two principle types of qubits are under investigation.

Roadmap C: Secure Quantum Internet

Main objective: A 4 city demonstrator network in 2020. Quantum Internet Proof of Principle at TU Delft campus.

Roadmap D: Shared Development

This Roadmap aims for increasing technology readiness level (TRL) of technology developed at QuTech by co-creating technology with scientist as well as product engineers from companies. In 2018 major steps are made in the development of the full stack generic quantum computer platform. On hardware level a clear design for both the few qubit as well as for the 10 qubit system is ready, known and detailed out (www.quantum-inspire.com). The quantum internet demonstrator project the choice has been made for a single click protocol enabling the high entanglement rate of 2 Hz. All equipment for 2 quantum nodes has been purchased and design of the quantum node has been patented.



Figure Generic quantum computer.

Industrial Instrumentation

In the program Industrial instrumentation the following projects were funded, mainly mixed-funding together with industrial partners:

- Composites Automation Development Centre, with promising first results of TNO's Contact and Waterless Ultrasonic Inspection Technology.
- ECSEL project I-Mech: Fast image processing for control loops in industrial motion control. The high speed architecture turns out to be practically feasible.
- Fieldlab: FreshTeq.NL Smartfood. Two cases were worked out.
- H2020 project: HORSE SPE Smart integrated Robotics system for SMEs controlled by Internet of Things based on dynamic manufacturing processes resulted in a successful test at Thomas Regout in the Netherlands, with assembly of tooling blocks.
- Innovation program BIC: Fieldlab Flex manufacturing (factory of the future). A robot assembly workstation is developed.
- Topsector project: Adaptive operator support systems. Successful baseline measurements were carried out.

4.7 VP Flexible & Free-form Products

Flexible Electronics

The activities in the field of flexible, large-area and Thin-Film electronics are executed in Holst Centre. They address the need for flexible and lightweight electronic systems. The functionality of Holst Centre's electronic skin-patch was extended. It can now continuously monitor an additional important health parameter (spO₂; oxygen levels in the blood). A high-resolution (500-ppi) fingerprint scanner was made, suited for integration in a mobile phone display. A start-up company (SALDtech) was launched. It will develop and market spatial Atomic Layer Deposition equipment to the display industry. Simultaneously, this technology is turning out to be a potential gamechanger in Solid State Batteries.

Thin-Film Photovoltaics

TNO's activities in the field of Thin-Film Photovoltaics are executed in Solliance. Solliance develops Thin-Film solar cell technologies (Perovskite and CIGS cells) and solutions to integrate Thin-Film PV in products and systems. In Perovskite PV a world-record 14.5% aperture area efficiency was achieved with 15x15 cm² modules on glass; a 12% module efficiency of semitransparent 15x15 cm² modules on glass and a 27.1% tandem cell by stacking a highly IR transparent semi-transparent perovskite solar cell with optimized band gap on top of a commercial Si solar cell. Regarding CIGS module manufacturing: CIGS solar cell efficiencies were achieved of 16.4% by Na-doping of sequential processed CIGS; a back-end interconnection process for free-form modules with efficiencies up to 10,8% for 10x10cm² modules; a 21,6% tandem efficiency of perovskite on flexible commercial CIGS. Solliance has demonstrated the integration of flexible CIGS modules in corrugated roof tiles for BIPV; crash barriers were developed with integrated PV demonstrated in public road infrastructure; a floating Thin-Film PV test demo was installed at the IJsselmeer.

Additive Manufacturing

In the field of Additive Manufacturing (3D printing) the low performance of the limited set of available polymer materials is an issue. One of the goals therefore is to enlarge the set of suitable materials, focusing both on improving mechanical

performance as well as on integrating other functionalities into AM products and combining multiple materials in one product. In 2018 we have collaborated with Océ and NextDent to show the feasibility of 3D printing products with well-defined color shading. We have started new developments to use carbon reinforced polymer in AM to increase stiffness and strength, while at the same time improving adhesion between printed layers. In addition, we have shown the feasibility of using carbon fiber integrated in the product during AM processing for sensing pressure and deformation.

4.8 VP Sociale Innovatie

Smart Working is a subprogram of the (HTSM) Smart Industry initiative. Smart Working focuses on creating environments in industry work settings that enable higher productivity. To get to this, Smart Working delivers improvements to make work physically less demanding, to support operators in their cognitive tasks and to create working environments that are motivating and stimulating. Better performing operators are crucial to support ever critical processes in companies. In the program, use is been made of the robotics and digital revolution in the workplace. The separate projects are focused on robotics, cobotics, cognitive support systems, smart incentives, 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 at the workplace level (exoskeletons support; augmented reality guidance for operators; models to adapt systems) and at the organizational level (workplace innovation; incentives in smart contracts). Scientifically, the program connects different social-scientific and engineering perspectives to support operators in the new environment. It delivers tools for assessing impacts of technology changes. The program includes designing work settings and organizational designs. For the success of the program, the disciplines human factors, information technology, organizational sciences and technical sciences need to work in concert on solutions. Next to a new set of projects, the program invested into field lab environments and a small lab environment for testing operator support systems, exoskeletons and cobotic workplaces. Smart Working has had a successful year in developing the projects and acquiring a new set of long-term projects and collaboration. The current successes are the following:

1. TNO patent "User assistance for assembly (P116707EP00)". The invention focuses on new architecture for human-robot collaboration, supported by an operator support system based on Augmented Reality.
2. Work and testing areas fully developed and under construction, installation on the work floor at companies: robot on mobile platform, assembly workstation with AR instructions and link to Horse IT platform (process planning); TNO Horse Competence Center was set up in RoboHouse Delft in 2018. Demo setups were presented to companies; Start of the construction of the Brainport Industry Campus; RoboHouse building in Delft and Design of TNO space within RoboHouse with demo setups robot collaboration and AR operator support; Plan for development of Sharehouse – Living Logistics Lab in Rotterdam (STC).
3. Models developed: task allocation model for robot-man interaction; general architecture of a system solution (people-oriented architecture); robot-human collaboration (task scheduler, screw robot application; integration of robot,

- operator and AR operator support system into 1 workplace); implementing innovation-adoption, supported by a MOOC and game; monitoring technology and labor developed and applied on 15 jobs. User guide developed for sectors to develop their own monitoring.
4. Investigations and networks: Virtual ADMA-center; Skills development in industry (Paradigms-project); Inclusive Technology theme within the SMITZH program; successful validation and experiments with Thomas Regout International in the field of assembly of human-robot collaboration (assembly of tooling block: cooperation with a robot arm and Augmented Reality).

4.9 VP Environmental Technology

The TNO program 'Environmental Technology' supports the transition to a sustainable society by developing technology, methods and tools to support and quantify sustainability impacts, thereby orchestrating innovation. The overarching goal is (1) to reduce CO₂ emissions, (2) to realize resource efficiency, and (3) to reduce the environmental and their related public health risks. The program has two program lines, Sense4Environment (S4E) and Circular Economy (CE), that are linked with corresponding investments under P510 Environment and Sustainability and P515 Circular Economy.

In the Roadmap Sense4Environment the goal is to continue to develop and validate materials for low-cost, wearable, reliable and highly sensitive sensors for air pollution. In 2018 the stability of the benzene sensor was improved from several days to several weeks and miniaturization of the benzene sensor was achieved by coupling a gas cell to a MEMS spectrometer. The particulate matter sensor was further designed for a new generation Particulate Matter sensor that can differentiate between size and shape. Furthermore our mobile platform Sensabox was improved and programmed for a parallel sensor platform with up to 20 sensors (previously 4 sensors). A commercial version of SensAbox is expected at the beginning of 2019. A city ride on a bike with the SensAbox showed that local sources of particulate matter could be identified and showed similar results as the high end apparatus.

In the Roadmap Circular Economy, the goal is to reuse materials and reduce CO₂ emissions with a focus on the construction sector and plastic recycling. For the construction sector, a field lab of 2 companies and 5 SMEs was set up for the circular reuse of wood waste. Old wooden doors harvested from social housing demolishing project were reused in exterior doors. In addition, chairs were produced for those parts that were too small to be reused in doors. Compared to incineration and the production of doors out of new wood, circular wood has the potential to halve the environmental footprint of a wooden product. The processes developed in the Fieldlab (small scale, labour intensive) can be executed in economic competition when the subsidy for wood incineration (SDE) is no longer applicable and by training unemployed people with poor chances for jobs. For plastic recycling, a method and equipment was set-up for chemical recycling of plastics under pressure using superheated solvents at laboratory scale. By flushing of the pressure, the solvent can be recovered which reduces the amount of energy needed for this process and makes this process economic viable. First experiments showed a successful separation of PE, PP and green dye. In addition, TNO was able to deliver a Proof of Concept for the determination of organic compounds in

liquids with a photoacoustic sensor and quantum cascade lasers. In addition, a spectral evaluation was made for the detection of polymers and additives in organic solvents based on PAS and quantum cascade lasers.

4.10 VP HTSM-Bouwinnovatie

Construction materials

The commonly used cements contribute considerably to the GHG emissions. In a drive towards reduced-emission binders for concrete, other sources than cement clinker are currently under investigation. These resources, such as blast furnace slag and fly ash, raw or calcinated clays and by-products from various industries, have in common that they consist of aluminosilicates, similar to the currently used cement, but have much lower CO₂ emission. However, whereas cements react spontaneously when mixed with water, the side stream materials do not and require some form of activation. The currently used activators unfortunately are having a high GHG emission profile. Moreover their working is poorly understood and they may result in unstable binders on the long term. Our objective is to develop a methodology (blend tool) with which aluminosilicate side streams can be characterized and blended to products that can serve as binder in concrete. The research of 2018 has led to theoretical as well as experimental understanding of the first part of the activation system (dissolution) and has given a preliminary quick scan methodology including dissolution as well as precipitation. This forms the basis of the tool that is to be developed in the coming years required to develop optimized binder systems that are cheap, sustainable as well as durable. In addition progress has been made in two other areas. Firstly, a rebar corrosion model has been developed. Secondly, steps have been made towards automated inspection and monitoring techniques for cracks in stony materials, for example in monuments or homes in the earthquake-prone areas.

Asphalt

(1. Aging of binder) Aging of asphalt leads to stiffening and embrittlement of the binders. As a result, the damage sensitivity increases. We further developed and validated a model for aging of bitumen that predicts service life of porous asphalt (ZOAB) surface. This was the basis for setting a new evaluation criterion for ZOAB. A literature review of anti-ageing additives produced an overview of their potential for slowing down aging. (2. Performance of road surfaces at special road constructions). To gain a better insight in the performance of road surfaces at special road constructions, a FEM model for joint constructions and a model for relaxation of asphalt have been developed. (3. Asphalt service life) Lifespan of asphalt is not only affected by aging of the bitumen, but also by e.g. design (materials, composition, foundation, layer thicknesses), construction conditions (cold, rain, roll patterns), use (traffic, sun, cold, rain). An overview is made of available models for each of the following damage mechanism: rutting, cracking (longitudinal cracks, crazing, transverse cracks), unevenness (transverse flatness, longitudinal flatness, unevenness), reduction of skid resistance, increase of noise, reduction of water storage and transport capacity. (4. Sustainable road pavement) The energy consumption of traffic during the operational phase is much larger than the short-term energy consumption required for its construction. Possible savings on fuel consumption of vehicles, for example by smart design of roads, can make a major contribution to CO₂ reduction. An easily measured parameter with a relation to the rolling resistance is the Mean Profile Depth (MPD). Our research has given

better understanding of the effect of 'enveloping' on rolling resistance. A predictive calculation model has been developed based on the Mean Profile Depth.

4.11 VP Intensivering Smart Industry

Smart Industry is sinds 2014 (Actieagenda) een groeiend programma binnen TNO om de maakindustrie concurrerend te houden en te bouwen aan het meest flexibele, digitaal verbonden productienetwerk in Europa. In de landen om ons heen zijn vergelijkbare initiatieven opgestart, zoals Industrie 4.0 in Duitsland.

In de beginjaren is TNO expertise en technologie gecombineerd en gemobiliseerd voor Smart Industry uitdagingen in diverse samenwerkingsvormen, zoals TKI projecten, EU programma's, regionale consortia en Fieldlabs. Halverwege 2018 is een intensivering van Smart Industry ingezet (dit VP), gericht op het ontwikkelen van expertise en impact om de volgende lichting Smart Industry innovaties mogelijk te maken.

Het programma heeft bestaan uit de volgende subprogramma's:

- **Flexible Manufacturing**
Steeds kortere series van producten, leiden tot uitdagingen om snel en foutloos te kunnen produceren, ook bij het omschakelen van het ene product naar het andere. Meer in line kwaliteitsmeting en quality control, en het snel herprogrammeren van robots of herconfigureren van productielijnen zijn speerpunten om dit te bereiken.
- **Digital Twin**
De beschikbaarheid van complete modellen en krachtige simulatietools van de echte productieomgeving biedt krachtige middelen voor verbetering. Deze ontwikkelingen zijn nog zeer recent, maar gaan erg hard wat betreft mogelijkheden. Hoe deze echt nuttig toe te passen staat nog in de kinderschoenen.
- **Data Delen**
Stroomlijnen van informatie zowel binnen de fabriek als tussen bedrijven in de toeleverketen, is vaak het eerste waar aan gedacht wordt bij Smart Industry. Uitdagingen om verschillende dataformaten met elkaar te verbinden, zonder vertrouwelijkheden te schaden of kwetsbaar te zijn voor invloeden van buiten af (cyber security), maken het in veel gevallen complexer dan vooraf gedacht.
- **Smart Work**
Naast de drang om productie te automatiseren, zal nog veel mensenwerk nodig zijn in de maakindustrie. Technieken, middelen en werkwijzen komen beschikbaar om mensen in de innovaties mee te nemen, het werk prettiger te maken met minder fouten. Mens-robot samenwerking en adaptiviteit/flexibiliteit vragen om gerichte innovaties om dat ook echt te realiseren.
- **Smart Respons**
Er gebeurt heel veel in binnen- en buitenland op het gebied van industriële innovaties. Strategische positionering, tijdig reageren zodat de juiste partijen met elkaar innovaties mogelijk maken, maar ook waken voor winner-takes-all scenario's, vragen om monitoring en scherpe analyses en advies.

Het gaat hierbij deels om het voortzetten van al eerder ingezette strategische richtingen (zoals flexible manufacturing en data delen) en ontwikkelen van nieuwe onderwerpen (zoals Digital Twin en Smart respons). E.e.a. is in samenwerking met

erkende Smart Industry Fieldlabs als Smart Connected Supplier Network, Flexible Manufacturing, 3DMM, DOC, RoboHouse, SAMXL, maar als (beperkte) support aan RoSF, Hightech Software Competence Centre en Technologies Added en de voorbereiding en opstart van CITC te Nijmegen. Verankering van TNO in het Smart Industry veld is hiermee versterkt.

Er is gekozen het budget geconcentreerd in te zetten in de Smart Industry Hubs: Brainport Industries Campus (BIC) in Eindhoven en SMITZH. Bijvoorbeeld door het uitbouwen van de bijdrage aan innovatieprogramma's op de recent geopende BIC, met name in het Innovatieprogramma Fabriek van de Toekomst, inclusief de inrichting van demo- en ontwikkelruimtes.

De belangrijkste inhoudelijke resultaten van 2018 zijn: een uitgewerkte aanpak voor 0-defect op basis van Autonomous Manufacturing Agents. De eigen TNO ontwikkeling voor 0-programming is gedemonstreerd in relevante simulatie cases (robot lassen, robot kanten). Er is een eerste opzet gemaakt van een referentieimplementatie van Industrial Data Space, sinds kort International Data Spaces genoemd. Er is demonstrator mens-robot assemblage werkplek ontwikkeld met o.a. zero programming van een schroefrobot. De typologie van digitale platforms is geanalyseerd, en toekomstige ontwikkelingspaden zijn geïdentificeerd incl. winner takes all scenario.

Een andere highlight van 2018 is de stevige TNO inbreng in het Fase 3 voorstel voor SMITZH, waarbij kennis ontwikkeld en toegepast gaat worden in Fieldlab overstijgend verband met een grote groep bedrijven, en kennisinstellingen. Inmiddels is het voorstel op hoofdlijnen goedgekeurd door de Provincie Zuid-Holland, en zal het naar verwachting 2e helft 2019 van start gaan.

Product-Markt Combinaties voor het Smart Industry programma zijn uitgewerkt, en er is een eerste review gehouden. Er is duidelijk verband vast gesteld tussen de ontwikkelde kennis op Flexible Manufacturing en industriële behoeften bij de bedrijven. De PMC worden momenteel verder ontwikkeld en zullen halfjaarlijks worden geëvalueerd. Typologie van digitale platforms geanalyseerd

4.12 VP Embedded Systems Innovation

The overall mission of the ESI (TNO) 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 is increasing and continues to increase with the integration of products into in system of systems, application of artificial intelligence and changing business models. 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. Such an approach leads to faster and more efficient buildup of knowledge, with sharing of solution strategies, best practices, education, etc.

The ESI program and budget is growing steadily. This growth is realized by the entry of new industrial research partners, a growth in research volume and research topics, and a strengthened position of the national and international ESI outreach program. In 2018, research effort has taken place for large industrial partners. They

consisted of long-lasting partners (Philips, NXP, Océ, ASML and Thales) and new partners (Thermo Fisher Scientific, DAF Trucks). We plan to expand our industrial network in 2019. Internationally, ESI continued its collaboration with Fraunhofer IESE and has built up a stable relationship with the System Engineering Research Center, USA. These relationships provide a good opportunity for collaboration, sharing of research agendas, research results and partner networks.

A few examples of successful 2018 ESI research results:

- Practical guidelines and best practices descriptions of a model-based system architecting (MBSA) process supported by Design Framework (DF) method and tooling.
- A scalable and adaptive model-based methodology to assist diagnostics of existing problems within complex production chains.
- A modeling and analysis methodology towards interface descriptions that runtime check if an implementation conforms to a description (in terms of protocol, timing and data).

The relationship with the academic partners has been strengthened. A success was the NWO grant for a partnership program starting in 2019. This program will cover 16 PhD positions that will be closely aligned with the ESI research programs and ESI partners (both academic and industrial).

In order to maximize the knowledge and investment multiplier for stakeholders, ESI pays special attention to further generalization, consolidation and dissemination of the research findings. 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. Good examples are networks of system architects, senior R&D managers and CTOs, and networks on special topics (e.g. integration and test). In 2018, specific attention has been paid to professionalize tooling and building a relationship with a potential tool provider. A first successful analysis of ESI tools has been performed and contractual conditions are being defined. Next to tool professionalization, ESI has made steps to transfer its knowledge to service providers. Discussions with Altran have taken place to define roles, responsibilities and shared actions. Contacts with Sioux and ICT+ are being explored.

The link between the ESI industrial Roadmap and the ESI expertise Roadmap has been defined along a number of axis and coupled to complexity drivers. We now are able to consistently manage the combination of the ESI industrial programs and the development of the ESI expertise.

The coupling between the ESI research results and the ESI dissemination and competence development program has been strengthened. New course material has been established (e.g. on Domain Specific Languages and on Model-Based System Architecting), new trainers and coaches are added to transfer material towards interested customers.

5 Topsector HTSM/ICT

Aan de roadmap ICT van de topsector HTSM wordt door TNO vanuit de unit Information & Communication Technology (ICT) 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	Unit TNO	Vraaggestuurde Programma's
HTSM/ICT	ICT	P706 ICT

5.1 VP ICT

TNO's Digital Innovations 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 focuses on eight core topics in 2018. Five topics are fully in line with KIA ICT (2018-2021), which defines 5G, AI, Big Data, Blockchain and Cybersecurity as key enabling technologies for maintaining an international position on digitization and digital transformation.

- **Adaptive IoT:** with the aim of shaping multi-stakeholder IoT ecosystems in specific domains, we developed a cloud-based platform for large-scale and complex integrated model chain computations, co-developed a standard for the Energy Flexibility Interface (EFI) communication protocol and enabled a live simulation in 20 households with 400 EFI-connected devices.
- **Advanced Analytics:** with the aim of shaping multi-stakeholder Big Data ecosystems in specific domains, we developed a data sharing architecture based on The Once-Only Principle (TOOP) and an associated semantic model for mappings between similar datasets, and integrated our multi-party computation (MPC) algorithms for secure data fusion and processing in a medical scenario on heart failure.
- **Blockchain:** in order to continue to build a leading position for TNO on the national level, we delivered the TNO Blockchain Lab for rapid prototyping with federated distributed ledgers, and developed a self-sovereign identity framework (SSIF) for enabling electronic business transactions that guarantee user control.
- **Cybersecurity:** with the focus on innovative cybersecurity concepts for Topsector HTSM and the financial sector, we developed a Cyber Threat Intelligence Capability Framework, supported its publication by ENISA, developed an Advanced Security Architecture to autonomously decide if user actions should be authorized, and delivered automated response to cyber-attacks using playbook-based security orchestration.
- **Digital Policy:** we generated new insights into the data economy implications, shaped the pan-European network of Digital Innovation Hubs (I4MS project), and developed a hybrid policy model for youth care within the Policy Lab joint innovation environment
- **Media Delivery:** with the aim of expanding TNO's leading position in immersive communication, we developed a cloud-based media orchestration platform for

- smart venues, executed the world's first real-time intercontinental transmission of Ultra-Wide View content, developed a web-based platform for social and collaborative VR experiences and demonstrators for key media conferences and industry events.
- **Networks:** with the aim of enabling secure and reliable mobile access to networks based on the 5G standard we developed slice management tools for the 5Groningen fieldlab, piloted automated driving concepts based on our 5G platform, developed a first network architecture and resource management approach for 5G in Factory-of-the-Future (FoF) ecosystems, and implemented a hyperlocal content delivery network in a hybrid 5G-satellite network with slicing features.
 - **Quantum technology:** with the aim of establishing a position for TNO's ICT Unit in this field, we developed a post-quantum cryptography testbed, implemented a quantum-safe network proxy for VPN connections, developed a demonstrator for quantum key distribution, and prepared a view on application libraries for AI algorithms on quantum computers. We built a closer relation with CWI and the QuSoft research centre.

In 2018, a dedicated **AI and Robotics programme** was started, comprising both work on specific use cases (autonomous surveillance, autonomous vehicles, precision dairy farming and support for justice) as well as on developing generic knowledge components from the use-case driven research. These components are demonstrated in proof of concepts, and implemented as generic software modules. The VP ICT actively engaged in **stakeholder management** on an (inter) national level, via participation in COMMIT2DATA, the National Science Agenda Big Data Route, the Dutch Blockchain Coalition, the Media Klankbordgroep and the 5GPPP, collaborated with academic partners through professorships and with industry partners through standardization.

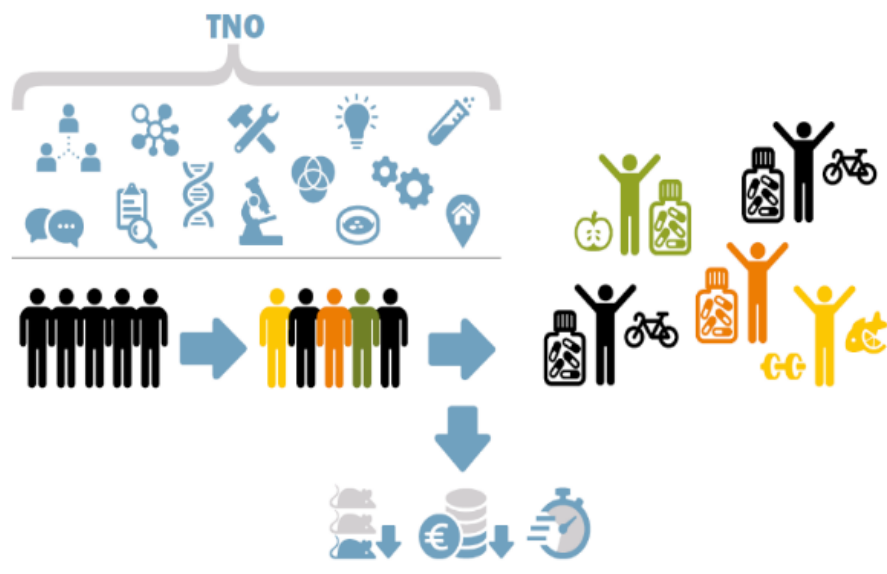
6 Topsector Life Science & Health

Aan de kennisontwikkeling t.b.v. de topsector Life Sciences & Health wordt door de unit Healthy Living (HL) van TNO bijgedragen door uitvoering van de Vraaggestuurde Programma's Biomedical Health en Digital Health Technologies.

TKI	Unit TNO	Vraaggestuurde Programma's
Life Sciences & Health	HL	P203 Biomedical Health
Life Sciences & Health	HL	P210 Digital Health Technologies

6.1 VP Biomedical Health

The goal of the research program Biomedical Health ("BMH") is to help individuals, professionals and industry to efficiently develop (personalized) treatments to maintain health and well-being and to prevent or cure diseases, with main focus on metabolic and immune health. This goal supports the mission of Top Sector Life Sciences and Health (LSH), **Vitally functioning citizens in a healthy economy**, and will also effectively contribute to solving one of the main societal challenges, **Health & care**, identified by Ministry of Health, wellbeing and sports (VWS). The goals of the program were aligned with both LSH and VWS.



In 2018, we defined two new lines of the program, "Tools and technologies for Efficient drug (and other intervention) development" and "Improvement of metabolic and immune health". Both lines comprise of knowledge and technologies developed by Healthy Living and were aligned with other research programs, Digital Health Technologies and Work, Prevention and Health. Just as in the previous years, Early Research Programs Organ-Function on a chip and Personalised Health were very important contributors to Biomedical Health, feeding the program with new technology for both lines. The new seed ERP Body & Brain which started in 2018

will be an important contributor for Metabolic health improvement. The collaboration with the Industry Roadmaps Network Information (ICT) and Flexible & Free-form Products continued also in 2018. The greatest changes were realized in the line "Improvement of metabolic and immune health", as within this line the focus shifted from optimization of food production processes to use of food interventions to improve or maintain health. This is a consequence of moving all Food Production and Safe Food research topics to Wageningen.

We setup new modules for Target Safety and Efficacy assessment in drug development, new protocols for drug kinetics in ex-vivo human or porcine livers were setup, based on metabolomics and gene analysis, we showed that there is a big overlap in the NASH processes in humans and our mouse model, we demonstrated the added value of our iScreen platforms for testing of metabolism of drugs by microbiome and we developed a first version of an in-silico tool for assessment of risk of immune interventions. Together with partners, we demonstrated the effect of personalized interventions on health and food intake based on knowledge on systems biology. Within the two research lines the developed new knowledge and technologies, were applied in different PPP projects that started in 2018. Within the new PPP projects, there are three consortia that are very important for implementation of TNO's 3R policies, the projects Vital Tissue, Ex-vivo Liver perfusion and Animal-free development of tomorrow's medicine.

The impact of the research program is visible in the media, where we received attention for the launch of the 'Nederlands Instituut voor Leefstijl Geneeskunde', a consortium with several partners focused on introducing Lifestyle interventions as an important part of curing Diabetes but also other diseases where metabolic health is of importance. Our expertise in food allergy risk assessment was also widely covered by the media. We published close to 100 scientific papers, our leading scientists were invited speakers on tens of conferences and we also contributed to the education and training of young scientists, with several master theses which were supervised within projects of Biomedical Health.

We can conclude that 2018 was a very successful first year of the new strategy period 2018-2021. Research program Biomedical Health will stay focused on technologies for efficient drug development and continue to develop intervention strategies for improvement of metabolic and immune health. Also in 2019 we plan to develop new project consortia which will help us to realize our ambition: Based on our knowledge on metabolic and immune related diseases, we are a recognized and acknowledged partner for industry and professionals as innovators of pre-clinical and clinical technologies. Our technologies and knowledge, such as measurement of biomarkers, stratifications of patients, knowledge of the mechanisms of onset of metabolic disorders, combined with methods to influence behavior enable the effective development of personalized interventions for prevention, delay or reversal of disease and thus help to both reduce healthcare costs and enable vital functioning of citizens in our society.

6.2 VP Digital Health Technologies

The research program Digital Health Technologies ("DHT") started at 1st of January 2018. The main goal of this research program is to bring together biomedical knowledge, data and information technology services and solutions as well as

knowledge about lifestyle change and behaviour. The program is developed to support the other Healthy Living programs in the field of Work, Child and Biomedical health. As the digitalization within those related programs till this year was performed in independent silo's, we organized a 2-days hackathon that resulted in new collaborations between research groups, new project ideas and some initial work for running projects.

The initial ideas for the work in this research program are deployed in three program lines:

- Program line '**SENSE**' will develop and bring together tools to measure human health and bring these data together in a privacy preserving technology. We have continued and expanded our work on data management (e.g. the Recap project) and have written proposals to strengthen our position on citizen science. Digital innovations within the youth health domain (JGZ) require standardization to support parents which their personal needs. This year we made an inventory functional and technical requirements together with our partners for the integrated solution: the iJGZ platform.
- In program line '**REASON**' we have standardized our way of working in the unit and thereby improved the quality of our modelling. Moreover, we have tested technology to reason over individual distributed data and have extended our health models for personalized health (e.g. PPS PNH), this will facilitate reasoning over data from different locations and can help to support personal health advice.
- In the program line '**ACT**', portals and apps were further developed, which resulted in better solutions to give personal health advice and consolidate behavioural change.

Although 2018 was the starting year of the research program, 3 Public-Private-Partnerships were accepted for LSH funding. In addition, 5 project proposals were send in to national and international funders. Moreover, several new interactions with (non)commercial partners were developed. In addition, a white paper was written with the title 'Stay healthy and in control of your data' and communicated to our relevant partners.



7 Topsector Logistiek en Mobiliteit

Het Meerjarenprogramma 2018-2021 van het Thema Logistiek en Mobiliteit beschrijft de hoofdlijnen van de kennisontwikkeling ten behoeve van een aantal beleidsdomeinen van het ministerie Infrastructuur en Milieu. Het betreft met name beleidsthema's, die spelen op het gebied van logistiek, mobiliteit en bereikbaarheid in samenhang met veiligheid, duurzaamheid en stedelijke ontwikkeling. Daarnaast draagt het programma bij aan de Kennis en Innovatie Agenda van de Topsector Logistiek. Naar aanleiding van de additionele middelen (Rijksbijdrage) die aan TNO zijn toegekend op grond van het regeerakkoord is in 2018 een nieuw Programma geformuleerd en gestart: Smart and Sustainable Mobility. Het onderzoek wordt uitgevoerd in de unit Traffic & Transport (T&T)

Dep./TKI	Unit TNO	Vraaggestuurde Programma's
I&W/Logistiek	T&T	P401 Betrouwbaar Verkeerssysteem
I&W/Logistiek	T&T	P514 Sustainable Urban Accessibility & Mobility
I&W	T&T	P403 Smart and Sustainable Mobility

7.1 VP Betrouwbaar Verkeerssysteem

Een betrouwbaar, efficiënt, veilig en duurzaam transport systeem is een bepalende voorwaarde voor het goed functioneren van onze samenleving en economie. Doelstelling van dit vraaggestuurde programma (VP) is om kennis op te bouwen van meetmethoden en modellen op het gebied van mobiliteit en transport van personen en goederen en van logistieke ketens, waarmee we bedrijven en overheden kunnen helpen hun doelstellingen te realiseren. Op de volgende drie programmalijnen is in 2018 voortgang gerealiseerd.

1) Slimme data gedreven logistiek

In verschillende projecten binnen de programma's van de Topsector Logistiek en EU H2020 is aangetoond dat data delen in de praktijk van de logistiek loont. De afgeronde projecten lagen op het gebied van maritiem, spoor en synchromodaal transport, bouwlogistiek en truck platooning.

Al deze projecten hebben gemeen dat de beschikbare data niet makkelijk veilig en snel toegankelijk was. Hier zijn oplossingen voor gevonden. Om het logistieke proces optimaler en efficiënter te kunnen inrichten zijn analytische modellen ontwikkeld waarmee steeds nauwkeuriger aankomsttijden van zeevaart en binnenvaart worden voorspeld. In de bouwlogistiek en transport over spoor is monitoring data in living labs vertaald naar geschikte prestatie-indicatoren (KPI) dat gebruikt wordt voor procesoptimalisatie. Met behulp van serious gaming in synchromodale use cases zijn managers en planners gemotiveerd om beter samen te werken en meer data te delen.

2) Duurzame mobiliteit en logistiek

Om inzicht te geven in de effecten van verschillende maatregelen, naar aanleiding van de gestelde eisen op de klimaatop van Parijs, heeft TNO gewerkt aan het cijfermatig kunnen onderbouwen hiervan (CO₂-uitstoot van de transportsector). De Multi Energy Optimization (MEO) systeemanalyse is hiervoor ontwikkeld en geschikt gemaakt, terwijl ook binnen het VP verder gewerkt is aan de toepassing voor verschillende modaliteiten (spoor, water). Binnen het EU-project LEARN wordt een ander zeer belangrijk thema onderzocht, te weten op welke wijze kan de emissie toerekening naar verschillende samenwerkingspartners in logistieke ketens op een eerlijke transparante wijze plaats vinden. Het doel is de juiste incentives te creëren om emissies te reduceren.

Het meten en modelleren van alle soorten factoren die in de praktijk daadwerkelijk de voertuigemissies beïnvloeden zoals rijgedrag door de chauffeur, de weerscondities, hoogteprofielen van de weg, is van belang voor de overheid om het juiste beleid te kunnen voeren ten aanzien emissie-bronnen en luchtkwaliteit. Hiervoor is een grootschalig meet- en analyseprogramma opgezet met meetapparatuur die eenvoudig plaatsbaar is in voertuigen (SEMS).

3) Smart mobility voor doorstroming en veiligheid



Smart Mobility is een breed begrip. In dit TNO onderdeel komen onderdelen naar voren zoals semi-automatisch rijden, in-car adviezen (bv snelheidsadvies), het slim tracken en traceren van voertuigen en slimme verkeersmodellen. Smart Mobility is een middel ingezet voor primair betere doorstroming, meer veiligheid van het wegverkeer, en meer comfort en soms samengaan met betere bereikbaarheid en duurzaamheid. Concreet heeft dit VP opgeleverd een hybride communicatie oplossing (ITS-G5 met LTE cellulair), een ITS referentie-architectuur dat wordt ingezet in grote ITS-pilots, de ontwikkeling van gedragskennis om input te leveren voor veiliger gebruik van van semi-automatische (SAE-level 2) voertuigen in natuurlijke omstandigheden, het aanleveren van kennis op gebied van trust, verkeersveiligheid, transition of control tijden bij automatisch rijden (met Universiteit Twente vanuit hoogleraarschap van Marieke Martens), en een algoritme om fietsers te kunnen volgen op routes met meerdere camera's voor het doen van automatische analyse van surrogate safety measures. Op het gebied van verkeersmodellen hebben we inzicht gekregen op de effecten van truck platooning op het verkeer en hebben we een analyse methode ontwikkeld om vanuit OVIN-data de bepalende factoren voor de modaliteitskeuzewijze te onderzoeken.

7.2 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 bereikbaarheid, veiligheid, luchtkwaliteit en geluid.

TNO ontwikkelt daarom nieuwe integrale modellen en indicatoren voor 3 verschillende fases van implementatie, namelijk ontwerp, monitoring en evaluatie (OME). Er wordt samengewerkt rondom use cases met kennisinstellingen, centrale overheden, steden en dienstverleners.

De belangrijkste VP-resultaten van 2018 zijn:

1. Effecten van gedragsinterventies. Fountain (agent based model voor modaliteitskeuze en gewoontegedrag) is, in EU-project EMPOWER bij living labs in Gothenburg en Enschede, ingezet om de effecten van gedragsgerichte maatregelen te voorspellen. Op basis van data van 2.000 gebruikers heeft de gemeente Enschede de gevolgen van fiets bevorderende maatregelen in de praktijk beter kunnen toetsen. Fountain is in 2018 ook succesvol ontwikkeld en ingezet om de beste maatregelen te selecteren tegen hinder bij grootonderhoud aan de N3 bij Dordrecht.
2. Ontwerp Monitoring en Evaluatie van Stedelijke maatregelen. Grote steden ervaren problemen met bereikbaarheid, milieu en geluid. Hiervoor worden maatregelen ontwikkeld, maar de effecten van deze maatregelen zijn vooraf onvoldoende bekend en tijdens invoering van de maatregelen worden de effecten onvoldoende gemonitord. Daarom is voor Ontwerp, Monitoring en Evaluatie (OME) van stedelijke maatregelen een tactische toolset ontwikkeld op basis van het Urban Strategy platform van TNO. De tactische toolset is in 2018 voor het Zuidas-gebied in Amsterdam met succes toegepast.
3. Activity Based Modelling voor maatregelen, zoals MaaS. Effecten van stedelijke maatregelen, als de invoering van Mobility as a Service, zijn zeer complex en met de huidige modellen niet goed te voorspellen. Hier zijn modellen voor nodig die, op basis van activiteiten van een groot aantal gesimuleerde inwoners (agents) en hun persoonlijke levensstijl, kunnen voorspellen welke mobiliteitskeuzes in verschillende toekomstscenario's door de agents gemaakt worden. Het model raamwerk is nu gereed om in 2019 de effecten van verschillende MaaS scenario's te berekenen.

7.3 VP Smart and Sustainable Mobility

In 2018 is een nieuw meerjarenprogramma gestart op het gebied van smart en sustainable mobility. Dit nieuwe programma wordt gefinancierd uit de additionele middelen die door het huidige Kabinet beschikbaar zijn gesteld aan TNO, waarbij de unit Traffic & Transport van TNO besloten heeft hiervoor een samenhangend inzicht te geven aan de twee grote doelstellingen die dit Kabinet en het ministerie van IenW stelt aan mobiliteit: duurzaamheid en veiligheid. Naast modelvorming (theorie) wordt gewerkt aan metingen in voertuigen op de weg (praktijk). Voor dit laatste is het concept van "living car labs" ontwikkeld. Dat betekent dat TNO verschillende voertuigen uitgebreid van sensoren en meetinstrumenten zal voorzien en zal gebruiken voor het vormen van realistische data-gebaseerde modellen. Het programma zal voortbouwen op de modellen, instrumenten en geïnstrumenteerde voertuigen uit bestaande projecten, zoals SEMS, U-Drive, SAE level 2 meetmethode, Streetwise, Simulatie smart mobility etc.

In 2018 is de eerste versie van het raamwerk van de integrale conceptuele modellen en KPI's, voor assessment van duurzaamheid en veiligheid, gereed gekomen.

8 Topsector Water

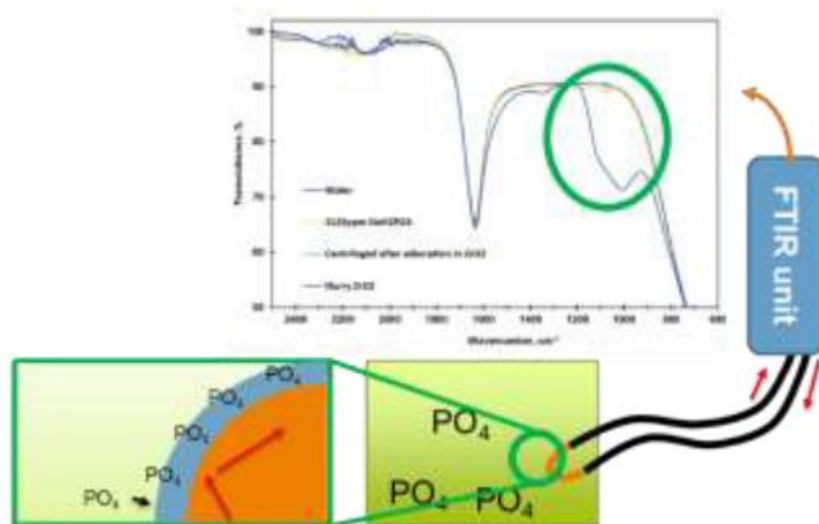
Voor de topsector Water zijn er in de periode 2018-2021 vier Vraaggestuurde Programma's t.b.v. de kennisontwikkeling bij TNO geprogrammeerd. Het onderzoek wordt uitgevoerd in de units Circular Economy & Environment (CEE), Buildings, Infrastructure & Maritime (BI&M) and ECN part of TNO

TKI	Unit TNO	Vraaggestuurde Programma's
Watertechnologie	CEE	P504 Watertechnologie
Watertechnologie	ECN part of TNO	P310 Karakterisering Grondwater
Deltatechnologie	BI&M	P508 Deltatechnologie
Maritieme technologie	BI&M	P311 Maritiem en Offshore

8.1 VP Watertechnologie

Het TNO VP Watertechnologie bevat drie werkpakketten in 2018 met betrekking tot de ontwikkeling van sensoren en analytische methoden voor water en (waterige) processtromen.

Het eerste werkpakket gaat over de ontwikkeling van sensoren in uiteenlopende, watertechnologie toepassingen. Via twee technische concepten werd aan de ontwikkeling en het testen van de meest geschikte fosfaat-sensor gewerkt. Van de fluorescentie gebaseerde fosfaat-sensor zijn de uitleesunit en de fiber al in een praktisch toepasbare vorm maar de coating moet nog geoptimaliseerd worden. Bij de op FTIR spectroscopie gebaseerde sensor is de signaalversterking middels coating al ontwikkeld en de prestatiekenmerken (b.v. kruisgevoeligheid, stabiliteit en reversibiliteit van de coating) moeten nog verder uitgezocht worden. Een voorbeeld van deze ontwikkeling via FTIR is in figuur 1 weergegeven.



Figuur 1 Proof-of-principle voor de verlaging van de fosfaat-detectielimiet met FTIR-hardware

In 2019 wordt het meest relevante type fosfaat-sensor doorontwikkeld voor circulaire processtromen; deze sensor krijgt een bijzondere rol in het terugwinnen van het mondiale tekort aan fosfaat. Hiernaast werd in 2018 gewerkt aan een multiparametersensor voor het bepalen van meerdere nutriënten (NPK). Om arseen-species in drinkwater aan te tonen werd een concept getest dat gebaseerd is op verschillende substraten (metaaloxiden) en de zogenoemde Laser-Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS). In samenwerking met Deltares werd in de aquatische bemonstering met passieve sampling een immunoassay voor een modelverbinding (1- hydroxypyreen) als werkend concept toegepast. Inmiddels wordt samenwerking met de industrie gezocht om deze assay ook voor cyanotoxines uit te werken.

Het tweede werkpakket was gericht op het vernieuwen van analysemethoden voor de bepaling van vaste deeltjes (microplastics en nanodeeltjes) die technische processen en/of de gezondheid respectievelijk het milieu nadelig kunnen beïnvloeden. Hiervoor werden waterige en complex samengestelde processtromen onderzocht. Er werden zowel voorbehandelingsmethoden als ook analysemethoden doorontwikkeld. Enkele methoden werden binnen een internationaal netwerk ontwikkeld waarmee b.v. zilver nanodeeltjes in Nederlands oppervlaktewater zijn aangetoond. Hierbij gaat het om de zogenoemde Cloud Point Extractie (CPE) in combinatie met Single Particle Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (sp-ICPMS).

In het derde werkpakket werd naar stoffen gekeken die ziektes kunnen opwekken en dus bedreigend zijn voor de mens en zijn gezondheid; denk aan bacteriën, virussen en eencelligen, die in circulaire processtromen kunnen voorkomen. Dit laat de urgentie zien om b.v. ook microbiologische verontreinigingen snel en betrouwbaar aan te tonen. De mogelijkheden om b.v. tot praktijkrelevante sensoren voor microbiologische verontreinigingen te komen, werden beknopt verkend.

8.2 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, hoge-temperatuuropslag (HTO) 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 2018 zijn vier onderzoeksvoorstellen binnen het thema grondwater gehonoreerd voor GeoERA, het ERANET-programma dat de EC heeft goedgekeurd en dat uitgevoerd wordt door de Europese geologische diensten met TNO-GDN als penvoerder. Het KarDySaG-onderzoek op het gebied van grondwatersamenstelling en –datering, de dynamiek van zoet en zout grondwater, neerslagrespons en relatie met energie wordt deels uitgevoerd binnen deze GeoERA-projecten, waarbij ook Nederlandse stakeholders betrokken zijn.

De isotopendatabase voor datering van grondwater en interpretatietools voor grondwaterkwaliteit zijn dit jaar gemaakt. Inzicht van geofysische metingen (zowel bestaande geo-electrische metingen als nieuwe electromagnetische onderzoeken vanuit de lucht) is vergroot. De grondwatertools voor dynamiek van het grondwater zijn verbeterd en het inzicht in toepassingen is vergroot. Er is voortgang geboekt bij het karakteriseren van heterogeniteit in de ondergrond. Resultaten zijn gepresenteerd op belangrijke internationale congressen en in peer-reviewed tijdschriften.

8.3 VP Deltatechnologie

Voor het waarborgen van de waterveiligheid en de waterzekerheid zijn goed functionerende waterbouwkundige constructies (natte kunstwerken) van essentieel belang. Een groot deel van de Nederlandse natte kunstwerken is medio vorige eeuw of nog eerder aangelegd en komt langzaam maar zeker aan het einde van haar technische ontwerplevensduur. Op basis van de huidige beoordelingskaders geldt voor veel (waterbouwkundige) constructies dat de rekenkundige veiligheid onvoldoende is. 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.



Veiligheid van constructies: Oosterscheldekering bij storm

De focus van de kennisontwikkelingen binnen het VP Deltatechnologie betreft de technische vraagstukken aangaande de constructieve beoordeling van (waterbouwkundige) kunstwerken. Het onderzoek heeft in 2018 onder andere geresulteerd in nieuwe inzichten voor de besluitvormingsprocedures bij de vervanging en renovatie van natte kunstwerken en het gebruik daarbij van de technische informatie over de objecten, systemen en netwerken. Daarnaast zijn robuuste beoordelingsmethoden ontwikkeld om het huidige en toekomstige veiligheidsniveau te kwantificeren en innovatieve oplossingen voor effectieve verlenging van de levensduur.

8.4 VP Maritime & Offshore

De ontwikkeling van kennis en technologie voor onze maritieme en offshore-industrie is essentieel om de technologische top- en concurrentiepositie te

versterken en een duurzame ontwikkeling en groei van de sector te bestendigen. In lijn met de 'Nederlandse Maritieme Strategie 2015-2025', bevordert TNO de inbreng van duurzame en veilige oplossingen waarmee het belang van de samenleving als geheel wordt gediend. TNO adviseert de overheid met onafhankelijk onderzoek bij de ontwikkeling van beleid en nieuwe regelgeving. Voor marktpartijen in de Maritieme & Offshore sector voert TNO toepassingsgericht onderzoek uit ter versterking van de internationale concurrentiepositie.

In 2018 is de onderzoeksprogrammering en uitvoering, onder het (VP) Maritiem & Offshore, al ingericht op de periode 2019 – 2022. Het toegepast onderzoek dat is uitgevoerd in 2018, is in lijn met de onder de Topsector Water geformuleerde innovatiethema's, "Winnen op Zee, Schone Schepen, Slim en veilig varen en Effectieve Infrastructuur". Daarnaast wordt in cross-sectorale samenwerking met de Topsector Energie onderzoek verricht op hernieuwbare "Offshore" energie zoals Offshore Wind constructies en systemen.

De volgende resultaten zijn in 2018 bereikt in lijn met de gestelde doelen voor 2022:

Maritieme constructies, slim, veilig en duurzaam. Om de trends op de zee goed te kunnen bedienen worden schepen, constructies en infrastructuur steeds groter en complexer. Van super(hef)schepen, varende op of met waterstof of LNG, tot drijvende eilanden op zee. De komende jaren richt het onderzoek zich op constructies en materialen om deze nieuwe generatie schepen en constructies mogelijk te maken.

In 2018 is kennis ontwikkeld m.b.t. "slimme" constructies door optische sensoren te integreren in de constructie. TNO heeft een speciale optische sensor ontwikkeld die in composietmateriaal kan worden geïntegreerd. Een schaalmodel van een composiet "monopile" van ca. 8m hoogte, is geproduceerd en getest in samenwerking met het MKB. De resultaten zijn veelbelovend en blijken ook relevant voor de productie zelf. Opschaling naar grotere "slimme" en dikwandige composietstructuren voor scheeps- en offshore constructies onder extreme condities is voorzien voor 2019. Publicatie en beeldmateriaal op dit onderwerp zijn beschikbaar.

Groene Maritieme prestaties, "Innovatie voor duurzame en schone schepen, transport en operaties op zee". Op basis van recente klimaatdoelstellingen, wetgeving en de kaderrichtlijn mariene strategie wordt kennis ontwikkeld en ingezet voor de doelstelling op emissievrije voorstuwing en het handhaven van een goede milieutoestand van de betrokken wateren (acceptabele akoestische emissie); In 2018 zijn de onderzoeksresultaten verkregen m.b.t. de inzetbaarheid van een nieuwe verfijnde meetmethode, waarbij deeltjessnelheid van onderwatergeluid kan worden gemeten. Het Europese PROMINENT (binnenvaart) project is afgerond waarbij TNO modellen op simulaties en uitstoot d.m.v. brandstofbesparing in relatie tot vaarprofielen verder heeft gerealiseerd en gevalideerd d.m.v. emissiemetingen. TNO heeft samen met TUD, MARIN en het NLDA en een grote industriële vertegenwoordiging vanuit de sector een consortium gevormd waarin is gestart met een grootschalig vervolgtraject op het varen op methanol, met steun van het Maritiem Kennis Centrum.

Maritieme operaties, veilig en optimaal. In de ontwikkeling van autonoom varen en onderwaterrobotica wordt onderzocht op welke wijze kunstmatige intelligentie en verdere integratie van autonomie in (slimme) schepen en hulpsystemen, boven en onderwater in interactie met hun omgeving het best kunnen worden toegepast.

Hierin wordt de benodigde kennisontwikkeling gedaan die past bij de verregaande digitalisering van onze sector en die beoordelingskaders en beslissingsondersteuning realiseert; In 2018 zijn succesvol echte zeetrial's in Noorwegen uitgevoerd om de onderwatercommunicatie met geluid te ontwikkelen en te testen voor civiele toepassingen. M.b.t. autonoom varen is op basis van een functionele analyse een architectuur opgeleverd voor verdere uitwerking in het "Joint Industry Project". Ook is gerapporteerd m.b.t. o.a. gesimuleerde veiligheidsaspecten en toepassing in een 'shore control centre' en mogelijkheden en beperkingen rond toepassen van artificiële Intelligentie.

9 Maatschappelijk Thema Arbeid en Gezondheid

Aan maatschappelijk thema Arbeid en Gezondheid wordt door TNO vanuit de unit Healthy Living (HL) bijgedragen met het VP Gezond, veilig en productief werken. Naast de Rijksbijdrage 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	Unit TNO	Vraaggestuurde Programma's
SZW	HL	P204 Gezond, veilig en productief werken
VWS	HL	Gezond, Veilig en Kansrijk Opgroeien

9.1 VP Gezond, veilig en productief werken

Het maatschappelijk thema Arbeid & Gezondheid (P204 Gezond, veilig en productief werken) omvat de programma's Gezond, Veilig en Productief Werken (Arbeid) en Gezond, Veilig en Kansrijk Opgroeien (Jeugd).

De hoofdlijnen van het programma Gezond, Veilig & Productief Werken zijn in nauwe samenspraak met het ministerie van SZW tot stand gekomen, mede op basis van raadpleging van diverse kennispartners, stakeholders en kennisagenda's. Het ministerie van SZW heeft evenals in voorgaande jaren een aanvullende Rijksbijdrage ter beschikking gesteld in de vorm van het zogeheten Maatschappelijk Programma Arbeidsomstandigheden (MAPA).

Het programma Jeugd is tot stand gekomen in samenspraak met diverse stakeholders uit het jeugd-domein, waaronder het ministerie van VWS.

Het jaar 2018 stond in het teken van uitbreiding van de programmering. Voor beide programma's zijn additionele middelen toegekend. Hiernaast heeft het ministerie van SZW de aanvullende Rijksbijdrage verhoogd met een kennis- en innovatieprogramma gericht op de Inspectie SZW.

Highlights voor het programma **Gezond, Veilig & Productief Werken** in 2018:

1. De totstandkoming van een internationaal samenwerkingsverband met NIOSH en HSE, alsmede de start van een PPS gericht op de ontwikkeling van digitale gepersonaliseerde feedback systemen (op basis van sensordata), voor gezond werken met gevaarlijke stoffen ter preventie van werk gerelateerde kanker. In het kader hiervan is een kalibratie- en validatieprotocol ontwikkeld om de betrouwbaarheid van sensoren voor gevaarlijke stoffen te testen en verbeteren.
2. De doorontwikkeling van de HOW-AmI app, die gebruik maakt van EMA (Ecological Momentary Assessment), in samenwerking met de Universiteit van Helsinki. Met deze app is het mogelijk om (risicofactoren) van stress en vermoeidheid veel gedetailleerder te meten bij werkenden, waardoor meer maatwerk geleverd wordt in de ontwikkeling van interventies. In een PPS met Tata Steel en Zorg van de Zaak is een herstelinterventie voor ploegdienstmedewerkers ontwikkeld, waarin de app wordt toegepast.

3. De succesvolle afronding van twee pilots bij Amfors en Senzer rond de inzet van een Operator Support Systeem, in het kader van de Kennisalliantie Inclusie & Technologie (KIT) tussen TNO, Cedris en SBCM, dat als doel heeft de inzet van nieuwe technologieën die bijdragen aan een betere inzetbaarheid en nieuwe banen voor mensen met een afstand tot de arbeidsmarkt te stimuleren. Uit de eerste tests en evaluaties blijkt dat gebruikers meer taken aankan met minder persoonlijke begeleiding, de productiviteit toeneemt en het aantal fouten afneemt. Met behulp van de additionele middelen zijn verkenningen gaande over de opschaling van dit programmaonderdeel.

9.2 VP Gezond, Veilig en Kansrijk Opgroeien

Highlights voor het **programma Gezond, Veilig en Kansrijk Opgroeien** in 2018:

1. Het vormen van het consortium I-JGZ, waarin landelijk samengewerkt wordt om d.m.v. slimme, gepersonaliseerde e-health technologieën de JGZ meer vraaggestuurd, preventief en integraal te laten werken. Er is een eerste concept van een slimme richtlijn module ontwikkeld en binnenkort wordt hiervoor een health deal getekend.
2. Versterken van eigen regie van ouders in de eerste 1000 dagen, door doorontwikkeling en implementatie van de centering aanpak (in 2018 maken meer dan 90 organisaties hier gebruik van, zowel in de verloskunde als ook in de JGZ), ontwikkelen van een internationale maat om ontwikkeling te kunnen meten, de zogenaamde D-score (in 2018 is de D-score internationaal erkend als de score waarmee ontwikkeling gemeten kan worden door de WHO), en het starten van een PPS om ouders te betrekken bij deze metingen. Daarnaast hebben we geparticipeerd door het deelnemen aan een aantal expert meetings in het tot stand komen van het Programma Kansrijke Start van VWS.

10 Maatschappelijk Thema Duurzame Leefomgeving

In het kader van het maatschappelijk thema Duurzame Leefomgeving zijn er in de periode 2018-2021 drie Vraaggestuurde Programma's t.b.v. de kennisontwikkeling bij TNO geprogrammeerd. Naar aanleiding van de additionele middelen (Rijksbijdrage) die aan TNO zijn toegekend op grond van het regeerakkoord is in 2018 een vierde Programma geformuleerd en gestart: Circulaire Economie. De units Buildings, Infrastructure & Maritime (BI&M), Traffic & Transport (T&T) en Circular Economy & Environment (CE) zijn betrokken bij de uitvoering van de onderzoeksprogramma's.

vakdepartement	Unit TNO	Vraaggestuurde Programma's
I&W en BZK	BI&M	P502 Duurzaam bouwen
I&W	T&T	P509 Smart Cities
I&W	CEE	P510 Milieu en Duurzaamheid
I&W en BZK	CEE	P515 Circulaire Economie

10.1 VP Duurzaam bouwen

Dit VP bestaat uit de programmalijnen Infrastructuur, Bouwkwiteit en Energie in de gebouwde omgeving. Doel van programmalijn Infrastructuur is voor de verouderende infrastructuur reductie van risico's, hogere beschikbaarheid en reductie van (stijging in) kosten, bij verhoging van de duurzaamheid (reductie CO2 uitstoot, hergebruik van materialen). Doel van de programmalijn Bouwkwiteit is beter inzicht in prestaties van nieuwe of aangepaste gebouwen en bestaande gebouwvoorraad, met name op het gebied van veiligheid, gezondheid, bruikbaarheid en duurzaamheid. Doel van de programmalijn Energie in gebouwde omgeving is de transitie naar een energie neutrale gebouwde omgeving te versnellen en de maatschappelijke kosten van de transitie te beperken. De belangrijkste resultaten uit 2018 zijn:

INFRASTRUCTUUR: Er zijn verbeterde technieken voor de beoordeling van de betrouwbaarheid van betonnen en stalen constructies ontwikkeld en gedemonstreerd in een field-lab, en nieuwe probabilistische methodieken voor niet-lineaire eindige elementenanalyses. Er is onderzoek gestart aangaande het gebruik van data voor assetmanagement. Hierin is onder andere een Value of Information tool toegepast voor het identificeren en met elkaar verbinden van informatie over de constructieve veiligheid ten behoeve van besluitvormingsprocessen. Daarnaast is een inventarisatie uitgevoerd waarin mogelijke datatechnologieën zijn onderscheiden en is een prioritering gemaakt van de meest veelbelovende methoden die (in 2019) getest zullen worden.

BOUWKWALITEIT: Veel aandacht is gegeven aan digitalisering. Daarbij zijn voorbeelden van applicaties uitgewerkt die aantonen dat de BIM Bots technologie automatisch toetsen van het Bouwbesluit mogelijk maakt. Anderzijds is er een modelarme aanpak uitgeprobeerd voor de beoordeling van vermoeiing van het stalen rijdek van de 2e Van Brienenoordbrug. Een imaging techniek om scheuren in

steenachtige materialen te detecteren is geselecteerd en op praktische bruikbaarheid getoetst. De aanwezigheid van scheuren in metselwerk is voor praktijksituaties aangetoond. De

applicatie Brandcheck is ontwikkeld voor het risicogebaseerd beoordelen van de brandveiligheid van zorginstellingen. Er is een digitale applicatie gebouwd en gevalideerd om tot een optimaal ziekenhuisontwerp te komen qua capaciteit.

ENERGIE IN DE GEBOUWDE OMGEVING: Er is een start gemaakt met een op woningtypologie gebaseerde benadering ten behoeve van een meer industriële aanpak van de renovatieopdracht, waarbij rekening wordt gehouden met de opbouw van de Nederlandse woningvoorraad (contingent aanpak). Een methode is ontwikkeld om BIM-modellen (in IFC-format) te “vullen” met zogenaamde voxels. Daardoor is het mogelijk om geavanceerde 3D analyses uit te voeren op deze modellen, waardoor toetsing op complexe criteria mogelijk wordt. Deze methode is breed inzetbaar en onmisbaar voor het geautomatiseerd toetsen op criteria in het Bouwbesluit. Een klimaatgevel bedoeld voor zowel nieuwbouw als voor renovatie van hoogbouw is ontwikkeld, gerealiseerd en gedemonstreerd. Met de gevel kan de zontoetreding in hoge mate worden gestuurd door toepassing van innovatieve materialen en uitvoeringsvormen van zonwering in combinatie met een model gebaseerde regeling die zonwering, ventilatie en andere componenten in de gevel optimaal aanstuurt. In een samenwerking met 4TUBouw en Lectorenplatform Hogescholen is een strategisch en meerjarig kennisprogramma opgezet voor verduurzaming van de gebouwde omgeving.

10.2 VP Smart Cities

Het programma Digitalization for accessibility and livability, roadmap Smart, onder de Unit Traffic and Transport van TNO zet met haar innovaties in op het vergroten van de economische aantrekkelijkheid van steden en tegelijkertijd op het leefbaarder maken van steden, in Nederland en het buitenland, op een manier die aansluit bij belangen van de bewoners en bedrijven. Leefbaarder is in eerste instantie vooral minder congestie, betere luchtkwaliteit, behalen van CO₂ doelstellingen en een gezonde leefomgeving. 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.

Voor objectieve (fact-based) en integrale besluitvorming, handelingsperspectief en participatie van de steden en hun stakeholders zullen instrumenten gekoppeld moeten zijn aan digitale, eenduidige data en modellen (gekoppeld aan de betreffende stad). Dit sluit aan op de transformatie voor ‘het nieuwe werken’ die centrale en decentrale overheden aan het inrichten zijn onder druk van verdergaande digitalisering en ontwikkelingen als ‘Internet of Things’, waardoor data in grote hoeveelheden en realtime beschikbaar komt via sensoren en snelle communicatienetwerken. Instrumentarium voor knelpuntenanalyses, scenarioplanning, het monitoren van de daadwerkelijke effecten ‘op straat’ en het inrichten van een leercyclus voor adaptief programmeren is in de visie van TNO onontbeerlijk om de gewenste doelen te bereiken.

Visievorming en handelingsperspectief	Urban Learning Cycle en implementatie-ondersteunende tooling	Urban Strategy, data-integratie en modellen
• Visiepapers op het gebied van mobiliteit en verstedelijking rond de thema's CO2-reductie in steden, Mobility as a Service en Digitale transformatie in steden • Decarbonisation of Urban Transport Roadmap for Rotterdam i.s.m. gemeente Rotterdam	• 'Integrated Planning Challenge' methode - versnellen van integrerend werken in steden i.s.m. gemeente Rotterdam en Manchester • 'Urban Financial Metabolism' methode - overzicht van gebiedsgerichte financiële stromen gericht op investeringsstrategieën i.s.m. gemeenten Zwolle en Nijmegen	• Doorontwikkeling Smart Urban Data Platform t.b.v. ontwikkeling van een Digital Twin - schaalbaar, flexibel en open platform i.s.m. gemeente Amsterdam en stad Antwerpen • Nieuwe tooling rond disruptieve ontwikkelingen: Electric Vehicle tooling en New Mobility Modeler

Resultaten en highlights VP Smart Cities 2018

Het vraaggestuurde programma Smart Cities (VP Smart Cities) richt zich op het ondersteunen van steden in hun complexe taak om op een adaptieve manier de complexe beslissingen te kunnen nemen die een integraal karakter hebben. De kennisontwikkeling richt zich op (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 en het inrichten van besluitvorming op strategisch, tactisch en operationeel niveau in de stedelijke omgeving op een adaptieve manier.

10.3 VP Milieu en Duurzaamheid

Een snelgroeiende wereldbevolking, toenemende verstedelijking met groeiende consumptie en productiecijfers maken de overgang noodzakelijk naar een circulaire economie waarin kringlopen worden gesloten en grondstoffen optimaal worden gebruikt. Dit onderzoeksprogramma richt zich op het ontwikkelen van circulair-economische benaderingen enerzijds en het ondersteunen van maatregelen ter verbetering van milieu anderzijds. Er zijn in dit VP twee programmalijnen: *Sense4Environment* en *Circulaire Economie*.

De programmalijn *Sense4Environment* heeft de focus op klimaat en emissies, leefomgeving en gezondheid en industriële veiligheid. Voor klimaat en emissies zijn er in het Europese project *Verify* nieuwe Europese CO2-emissieinventarisaties gemaakt. Daarnaast is de methaan-problematiek, het belangrijkste broeikasgas na CO2, op de kaart gezet met als doel om biogene en fossiele methaanbronnen separaat te meten zodat bron van herkomst van methaan kan worden vastgesteld. In het TOPAS project is de herkomst van luchtverontreiniging in grote steden in Europa inzichtelijk gemaakt met een brontoekenningsservice voor luchtverontreiniging (<https://topas.tno.nl>). Voor leefomgeving en gezondheid is een succesvolle pilot uitgevoerd met de Sensabox voor het uitvoeren van mobiele blootstellingmetingen waarbij de luchtkwaliteit van fietsroutes in Eindhoven in kaart is gebracht. Verder is er een passieve monsternamen methode ontwikkeld voor het uitvoeren van persoonlijke blootstellingmetingen aan stoffen waardoor deze eenvoudiger, goedkoper en effectiever gemeten kunnen worden. Voor industriële veiligheid is er software ontwikkeld met real time visualisatie van effecten en impact

van grote incidenten op een kaart. Additioneel is er een checklist ontwikkeld voor chemische bedrijven en overheid om de gevaren als gevolg van veroudering van installaties te identificeren.

De programmalijn Circulaire economie heeft een focus op circulaire plastic ketens, circulaire bouw en impact assessment. Voor circulaire plastic ketens is er een roadmap ontwikkeld voor complexe circulaire plastics zoals multilagen, engineering plastics met veel additieven en composieten.

Hiervoor heeft TNO een chemische recyclingroute ontwikkeld door middel

van dissolutie onder hogere druk waarvoor door LCA analyses aangetoond is dat deze technologie economisch haalbaar is en een milieuwinst oplevert. Voor circulaire bouw is het model BOUWmaterialen in Beeld (BOB) doorontwikkeld voor multi-appartement gebouwen: een model dat vraag en aanbod van bouwmaterialen in kaart brengt,. Tevens is de betrouwbaarheid van het BOB model getest voor eengezinswoningen en kantoorgebouwen. Grootste variatie werd gevonden in type vloeren. Voor impact assessment is er een hybride life cycle assessment aanpak ontwikkeld door een koppeling te maken tussen proces gebaseerde life cycle assessment methode en een economisch input/output model in samenwerking met Radboud Universiteit Nijmegen.



10.4 VP Circular Economy

Een snelgroeiende wereldbevolking, toenemende verstedelijking met groeiende consumptie en productiecijfers maken de overgang noodzakelijk naar een circulaire economie waarin kringlopen worden gesloten en grondstoffen optimaal worden gebruikt. Dit VP bevat 3 onderwerpen:

Methodologische vernieuwing van macro-economische modellen en life-cycle-analysis. Macro-economische database EXIOBASE en model EXIOMOD zijn unieke tools voor het analyseren van de dynamiek van milieudruk door de economische activiteiten gedurende een tijdperiode. In 2018 is EXIOBASE v3.0 aangevuld met inzichten in veranderingen in materiaalgebruik en productstromen voor de energietransitie. Deze aanvullingen zijn uitgevoerd voor het onderzoek naar de vraag en beschikbaarheid van kritieke metalen, onder andere voor de bouw van zonnepanelen en windturbines, ten behoeve van de energietransitie. In een visiedocument heeft TNO geschetst waar knelpunten kunnen optreden om de noodzakelijke groei van hernieuwbare elektriciteitsproductie mogelijk te maken.

Nieuwe ontwerp- en productiemethodes voor de Transitie Agenda

Kunststoffen. In deze programmalijn focuste TNO op de ontwikkeling van recyclingmethodes voor thermoplastisch composieten. Twee routes zijn getest: (a) mechanisch recycleren en (b) chemische recycleren door middel van dissolutie. Voor mechanisch recycleren is eindeloos glasvezelversterkt polymeerband gerecycled tot glasvezelversterkte polypropyleen pellets die verpakt, getransporteerd en verwerkt kunnen worden tot een eindproduct. De variatie van vezellengte wordt in 2019 verder onderzocht. Voor chemisch recycleren is een referentie glasvezelversterkt polypropyleen composiet geproduceerd. Het polymeer van dit composiet is opgelost waarna de glasvezels gefiltreerd konden worden. Belangrijke parameter in deze experimenten is de viscositeit van de verkregen slurry. Hiertoe zijn verschillende

oplosmiddel-polymeercombinaties getest om optimale condities vast te stellen. In 2019 worden deze experimenten gecontinueerd en wordt deze technologie uitgebreid naar thermoset composieten.

Life cycle analysis toonde aan dat de grootste milieu-impact wordt behaald voor mechanisch recyclen en daarna voor chemische recyclen door gebruik van dissolutie. Omdat vanwege vervuilde invoerstromen mechanisch recyclen vaak niet mogelijk is, is deze laatste technologie ook zeer interessant om te ontwikkelen.

Vervanging en hergebruik van grondstoffen in Transitie Agenda Bouw, gericht op Infra. Deze programmalijn is gericht op de methodologieontwikkeling voor het bepalen van impact en het bepalen van kwaliteit/technische prestatie om de waarde in secundaire elementen/materialen te benutten. Hiertoe is in 2018 een eerste versie van een framework ontwikkeld en toegepast op asfalt en beton om inzichtelijk te maken hoe secundair bouw materiaal zo waardevol mogelijk kan worden ingezet. Om de restwaarde van bouwmaterialen en producten beter te kunnen kwantificeren is een restwaarde calculatie tool ontwikkeld op basis waarvan verschillende business modellen kunnen worden ontwikkeld. Tot slot hebben we methodologie ontwikkeld voor 'the next generation impact assessment' om milieu-impact in het bouw domein te kwantificeren. De vernieuwing was gericht op (1) het beoordelingen van technologieën in een vroeg TRL stadium en (2) op het onderscheid in milieu-impact door hoogwaardige en laagwaardige recycling.

11 Maatschappelijk Thema Maatschappelijke veiligheid

In het kader van het maatschappelijk thema Maatschappelijke veiligheid voert de unit Defence, Safety & Security (DSS) van 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. Naar aanleiding van de additionele middelen (Rijksbijdrage) die aan TNO zijn toegekend op grond van het regeerakkoord is in 2018 een nieuw Programma geformuleerd en gestart: Kennisopbouw Politie. De programma's worden afgestemd met het ministerie J&V.

Vakdepartement	Unit TNO	Vraaggestuurde Programma's
J&V	DSS	P102 Veilige maatschappij
J&V	DSS	P105 onderzoeksprogramma J&V
J&V	DSS	P106 Kennisopbouw politie

11.1 VP Veilige maatschappij

Het is de doelstelling van het Vraaggestuurd Programma Veilige Maatschappij (VPVM) om Nederland veilig en rechtvaardig te helpen houden door op geselecteerde gebieden nieuwe kennis te ontwikkelen en te faciliteren dat deze kennis wordt vertaald naar de praktijk.

In 2018 is net als in 2017 gewerkt aan de intensivering van de samenwerking met het regievoerend ministerie van Justitie en Veiligheid (JenV) en met de publieke veiligheidsorganisaties, waaronder de politie. De meerjarige programmalijnen waarlangs TNO haar kennisopbouw vormgeeft waren in 2018: *Terrorismebestrijding, Het Nieuwe Melden, Opsporing 2.0, Nationale Veiligheid, Cyber Security & Societal Resilience, en Intelligence.*

De samenwerking tussen TNO, JenV en politie in concrete samenwerkingsprojecten en onderzoeksprogramma's is de afgelopen jaren gegroeid. In 2018 is deze programmatische samenwerking tot uitdrukking gekomen in een 12-tal onderzoeksprogramma's. De samenwerking met de politie is opgebouwd in vier meerjarige gezamenlijk gefinancierde onderzoeksprogramma's. Tevens zijn twee onderzoeksprogramma's gestart in een samenwerking tussen TNO-politie-Defensie. Vanuit VPVM is in 2018 geïnvesteerd in kennisopbouw in een internationale context door middel van participatie in 12 Europese projecten (met name Horizon 2020).

Highlights

TNO's kennisopbouw in VPVM draaide in 2018 voor een belangrijk deel rond de groeiende rol van informatie voor operationele veiligheidsorganisaties. Een mooi resultaat van 2018 waren de proeven met het prototype van het zogenaamde Dynamisch Draaiboek voor de voorbereiding op en monitoring tijdens grootschalige evenementen.

Het prototype van het Dynamisch Draaiboek werd beproefd tijdens meerdere evenementen. Het betreft een digitaal platform voor het ondersteunen van een Staf Grootchalig en Bijzonder Optreden (SGB0). Het SGB0-team gebruikt het Dynamisch Draaiboek voor het opstellen van verschillende risico's rond een evenement, en voor het in beeld brengen van het effect van maatregelen op deze risico's. De proeven zijn succesvol geweest: er is veel geleerd over toepasbaarheid van de opgebouwde kennis. De doorontwikkeling van het prototype is inmiddels overgenomen door het VP Kennisopbouw Politie.

Een andere highlight betreft de *Privacycoin monitor*, die met het Openbaar Ministerie is ontwikkeld. Deze monitor geeft inzicht in de kenmerken van nieuwe cryptovaluta die er aan komen, en die van impact zijn voor opsporingsorganisaties. Van weer een heel andere orde is de *Rapid Resilience Scan* op basis van gedragskundige kennis. Deze scan kan onder andere rechercheteams ondersteunen bij het kiezen van interventies die de kans vergroten dat slachtoffers durven te getuigen en uit het criminele milieu durven stappen.

11.2 VP Kennisopbouw Politie

Veiligheid is een essentiële voorwaarde voor welzijn van de samenleving en economische ontwikkeling. Nederland staat voor complexe uitdagingen op het gebied van veiligheid, waaronder internationale instabiliteit, terrorisme, voortschrijdende digitalisering en de overheersende rol van informatie, en georganiseerde en ondermijnende criminaliteit. Om hiertegen opgewassen te zijn moet de politie voortdurend innoveren en daarvoor is het nodig om in toenemende mate te investeren in toegepast onderzoek ter versterking van de kennisbasis. Naast de gelden van EZK investeert de politie zelf ook eenzelfde bedrag aan doelfinanciering.

De programmering 'Kennisopbouw Politie' heeft als voornaamste doel om de politie proactief te laten inspelen op nieuwe technologieën en maatschappelijke ontwikkelingen. Activiteiten binnen het programma richten zich op:

- Inrichten van een gestructureerde kennisbasis ten behoeve van innovatie voor de politie.
- Starten van meerjarige kennisopbouw programma's met uitwerking op de korte, middellange en lange termijn.
- Inrichten van een innovatie-ecosysteem (samenwerkingsmodel) voor de politie, bestaande uit kennisinstituten, wetenschappelijke instellingen, bedrijven en overheid.

In 2018 zijn binnen de programmering 'Kennisopbouw Politie' zes programma's gestart: Gestructureerde kennisbasis t.b.v. innovatie, Politiewerk in het cyberdomein, Operationele slagkracht (in specifieke zin versterken van het informatieproces), Politie in verbinding, Ontwikkeling professional en Programmakompas. Deze onderwerpen staan voor gebieden met hoge innovatiebehoefte, passend bij de kennisbasis van TNO.

Resultaten op deze gebieden omvatten technologieverkenningen, horizon scans, concepten, methoden, technieken, werkwijzen, interventies, demonstraties, instrumenten en prototypes. Geselecteerde resultaten betreffen:

- Technologieradar voor het onderwerp Dienstverlening als input voor de roadmap.
- Analyse van Operation Bayonet, overname van de dark market Hansa Market, welke heeft aangetoond dat deze interventie een verstorend effect had in het ecosysteem.
- Ontwikkeling en inzet prototype dynamisch draaiboek ter ondersteuning van SGBOS met als doel een betere oordeel- en besluitvorming voor zowel de voorbereidende fase als tijdens het evenement zelf.
- Een werkend prototype van een applicatie die politie en burgers ondersteunt bij het zoeken naar vermiste personen.
- Een werkend prototype weerbaarheidsdashboard en -monitor voor de veldstudie van weerbaarheid en leiderschap.