

TNO Onderzoek 2023 - Overzicht Vraaggestuurde programma's volgens het MTIB

Unit	Roadmaps	Vraaggestuurde Programma's (VPs)	MTIB	MTIB Thema's	
ET	System Transition	P325 System Transition		Klimaat & Energie	Gezondheid en Zorg
	Sustainable Subsurface	P307 Geo-energy			Veiligheid
	Renewable Electricity	P310 Karakterisering Grondwater		Circulaire Economie	
	CO2 Neutral Transition	P321 Renewable Energy		Mobiliteit	Sleutel-technologie
CEE	Environment & Sustainability	P510 Luchtkwaliteit		Landbouw & Water	
		P515 Circulaire Economie			
	Sustainable Chemical Industry	P603 Sustainable Chemical Industry			
		P616 Industriële elektrificatie en CCUS			
T&T	Sustainable T&T	P408 Sustainable Traffic & Transport			
	Smart T&T	P407 Smart Traffic and Transport			
BIM	Buildings & Infrastructures	P502 Duurzaam bouwen			
HL	Prevention & Productivity	P204 Future of Work			
		P211 Jeugd			
		P511 Human Health RM Nano			
Biomedical & Digital Health	P207 Sociale Innovatie				
	P203 Biomedical Health				
	P210 Digital Health Technologies				
DSS	Information & Sensor Systems	P104 Radar & Sensorsystemen			
	National Security	P102 Veilige maatschappij			
		P106 Kennisopbouw politie			
ICT	Digital Innovations	P103 Cyber Risk & Resilience			
		P706 ICT			
		P707 ESI			
SA&P	Transitions and Transformations	P901 Transitions & Transformations			
IND	Space & Scientific Instrument.	P607 Space & Scientific instrument.			
	Semiconductor Equipment	P612 Semicon & Quantum			
	Flexible & Free-form Products	P615 Flexible and Freeform Products			
	Smart Industry	P617 Smart Industry			

Titel	VP System Transition (P325)			
MTIB-thema	Klimaat en Energie			
Contactpersonen TNO (DM en VPM)	VP-manager: Ruud van den Brink Directeur Markt: Harm Jeeninga			
Contactpersonen Overheid	Marianne Zandstra (EZK), Mart van Bracht, Maarten de Vries, Guus Mulder (Missies)			
Programma jaar 2023 - Samenvatting				
<p>Het VP System Transition van TNO ontwikkelt direct toepasbare kennis en innovaties voor beslissers in de energietransitie, zodat die grip krijgen op de maatschappelijke, economische en gedragsaspecten van de energietransitie. Onderdeel van het VP is het Onderzoeksprogramma Energietransitiestudies, waarin kennis geleverd wordt voor het energiebeleid van de Rijksoverheid.</p> <p>Een voorbeeld hiervan is het onderzoeksprogramma Inwonerparticipatie Energietransitie in de Fysieke Leefomgeving, waarbij in 2023 een landelijk overzicht van de inwonerparticipatieactiviteiten rond de RES-en wordt opgeleverd en de resultaten van case study onderzoek bij een aantal gemeenten. Ook wordt onderzoek gepubliceerd naar methoden om de warmtetransitie te versnellen. In 2023 wordt ook onderzoek gepubliceerd naar de effecten van (mogelijke) Europese emissiehandel, waarbij we gebruik maken van een nieuw integraal energiemodel van Europa. In het nieuwe kennis- en ondersteuningsprogramma Energiearmoede leveren we onder andere kennis over de effectiviteit om energiearmoede te bestrijden aan provincies en gemeenten.</p> <p>Naast deze voorbeelden levert dit VP als resultaat rapporten (bijv. als bijlage bij Kamerbrieven), whitepapers, webtools en software (onder andere rekenmodellen). In de figuur hieronder staan per programmaonderdeel (PMC-cluster) de onderwerpen voor 2023. Ook wordt aangegeven met welke missies de programmaonderdelen verbonden zijn en waarmee dit VP is afgestemd.</p>				
<div style="background-color: #76923c; color: white; padding: 5px; border-radius: 5px; display: inline-block;">Onderwerpen 2023 Innovatieprogramma System Transition</div>	<div style="background-color: #4a7ebb; color: white; padding: 5px; border-radius: 5px; display: inline-block;">Social Innovation 1 </div>	<div style="background-color: #4a7ebb; color: white; padding: 5px; border-radius: 5px; display: inline-block;">Transition Processes in Districts 2 </div>	<div style="background-color: #4a7ebb; color: white; padding: 5px; border-radius: 5px; display: inline-block;">Regional Energy Systems 3 </div>	<div style="background-color: #4a7ebb; color: white; padding: 5px; border-radius: 5px; display: inline-block;">Energy Transition Pathways 4 </div>
	<ul style="list-style-type: none"> • Missie A, B, C, SI • Anders consumeren • Energy communities • Omgevingsmanagement bedrijven • Betrekken 'moeilijke' doelgroepen bij energietransitie • Narratieven voor klimaatbeleid 	<ul style="list-style-type: none"> • Missie B • Ontwikkeling Hestia-model • Kostengebaseerde tarieven warmte • Verduurzaming bedrijventerreinen 	<ul style="list-style-type: none"> • Missie SI en B • EV's en netcongestie • ICT-tools voor flexibele energiesystemen (MOOI en EU-projecten) • Energy hubs 	<ul style="list-style-type: none"> • Missie SI • Import van elektriciteit en waterstof • Nieuwe model elektriciteitsmarkt • Modelontwikkeling en data delen • Financieringsstromen
<div style="background-color: #76923c; color: white; padding: 5px; border-radius: 5px; display: inline-block;">Onderwerpen 2023 Onderzoeksprogramma Energietransitiestudies</div>	<ul style="list-style-type: none"> • Burgerparticipatie RES • Draagvlak klimaatbeleid • Energiearmoede • Gedragkennis in beleid • Verduurzaming in MKB 	<ul style="list-style-type: none"> • Energiebesparingsbeleid • Vraag naar koeling • Hoe redden we de wijknaapak? 	<ul style="list-style-type: none"> • Werkgroep Integraal Programmeren • Ruimtelijke aspecten energietransitie 	<ul style="list-style-type: none"> • Toekomst energievraag industrie • CO2-vrij regelbaar vermogen • Ondersteuning programma Energiesysteem (PES) • Energietransitie EU • Scenariostudie ADAPT en TRANSFORM

Titel	VP Duurzaam Bouwen (P502)
MTIB Thema	Klimaat en Energie
Contactpersonen TNO (DS en VPM)	Arjen Adriaanse en IJsbrand van Straalen
Contactpersoon Regie-voerder	Rob Hofman (RWS), programmacommissie Deltatechnologie (PCDT), Hans Weijers (BZK), vertegenwoordiger TKI Bouw & Techniek nog af te stemmen, David van der Woude (BZK), Joram Snijders (BZK), Sabine Jansen (BZK), Johan Slobbe (BZK), Debby Joosen (EZK), Erik ten Elshof (EZK), Peter Jongerius (EZK), Ronald Schillemans (EZK), Hans van der Weijde a.i. (TKI HTSM, M2i), Guus Mulder en Robert Jan van Egmond (TKI Urban Energy), Bas Buchner (TKI Maritiem), Bob Meijer (TKI Wind op Zee) en Ruud Oerlemans (TKI Hernieuwbare Energie)
Programma jaar 2023 - Samenvatting	
<p>Introductie - VP Duurzaam Bouwen richt zich op het optimaal verduurzamen van de gebouwde omgeving en van maritieme en offshore constructies. Dit betreft met name bruggen, viaducten, gebouwen, windmolens op zee en schepen. Maatschappelijk relevante thema's zijn daarbij CO₂-reductie, verminderen van de gasafhankelijkheid, circulariteit, veiligheid, (voorspelbaarheid van) onderhoud en vervanging en digitalisering. VP Duurzaam Bouwen bestaat uit zes deelprogramma's: Infrastructuur, Bouwkwaliiteit, Digitalisering, Energie in de gebouwde omgeving, Bouwmaterialen en Maritieme constructies. Doel van deelprogramma Infrastructuur is het optimaliseren van het beheer van de verouderende infrastructuur door reductie van risico's, hogere beschikbaarheid en beperking van stijging in kosten. Doel van deelprogramma Bouwkwaliiteit is het garanderen van de veiligheid van de voorraad gebouwen in de veranderende omgeving en het verduurzamen van het bestaande zorgvastgoed. Doel van deelprogramma Digitalisering is het ontwikkelen en toepassen van digitale methodes, data uitwisseling en -deling en software tools voor besluitvorming over de gehele levenscyclus van bouwwerken. Doel van deelprogramma Energie in de gebouwde omgeving is het versnellen van de transitie naar een daadwerkelijk energiepositieve gebouwde omgeving en het verlagen van de maatschappelijke kosten van die transitie. Doel van deelprogramma Bouwmaterialen is verlenging van de levensduur van bestaande constructies, reductie van primair materiaalgebruik, en terugdringing van emissies zoals CO₂ en NO_x. Doel van deelprogramma Maritieme constructies tenslotte is om nieuwe en bestaande maritieme en offshore constructies, opererend onder de meest extreme omstandigheden, veiliger en betrouwbaarder te maken.</p> <p>Infrastructuur - Een steeds groter deel van de Nederlandse civiele constructies ('kunstwerken') is toe aan vervanging of renovatie om de veiligheid, beschikbaarheid en het functioneren ervan te waarborgen. Om de kosten voor beheer en onderhoud te beheersen dient efficiënt en effectief te worden geprioriteerd in deze enorme vervangings- en renovatieopgave, waarbij rekening moet worden gehouden met de uitdagingen op het gebied van klimaatverandering, CO₂-emissies, circulariteit en het gebruik van primaire grondstoffen. Hoofdvragen zijn of, wanneer en hoe kunstwerken moeten worden vervangen voordat de veiligheid in het geding komt. Het onderzoek in het deelprogramma richt zich daarom op het nauwkeuriger en data-ondersteund voorspellen van de restlevensduur van constructies en op vragen die spelen bij het in stand houden, vervangen, repareren en hergebruiken van constructies. Ook wordt nagegaan op welke wijze de veiligheidsfilosofie moet worden aangescherpt om daarbij rekening te kunnen houden met bijvoorbeeld het hergebruik van materialen en constructie-elementen.</p> <p>De kennisontwikkeling voor 2023 op het gebied van bruggen en viaducten heeft vooral betrekking op de bepaling van het veiligheidsniveau van bestaande constructies en constructies die worden hergebruikt of ontworpen op basis van nieuwe eisen. Die eisen gaan bijvoorbeeld over duurzaamheid of CO₂-reductie en/of wanneer er sprake is van nieuwe materialen of hergebruik. De inzichten (methoden en technieken) die hiervoor worden ontwikkeld, stellen beheerders in staat om hun assets efficiënt te managen, bijvoorbeeld door het beschikbaar krijgen van adequatere verkeersbelastingmodellen of door het toepassen van meetgegevens voor de constructieve beoordeling.</p> <p>De kennisontwikkeling voor waterbouwkundige constructies heeft betrekking op het bepalen van het 'einde technische levensduur' van de civiele en werktuigbouwkundige onderdelen. Onderzocht wordt op welke wijze object-informatie die hiervoor van belang is, kan worden verkregen uit bestaande assetinformatie-systemen. De uitdaging ligt in de interactie van de technische levensduur met andere, veelal functionele eisen en met de eisen zoals die worden gesteld in de Waterwet.</p> <p>Bouwkwaliiteit - Deelprogramma Bouwkwaliiteit bestaat uit twee onderdelen: veiligheid en zorgbouw. Het onderdeel veiligheid richt zich op het borgen van de veiligheid van gebouwen onder invloeden vanuit klimaatverandering, bodemdaling alsook materiaalgebruik. De in voorgaande jaren ontwikkelde voorspellingsmodellen voor schade aan metselwerk ten gevolge van</p>	

aardbevingen en bodemaling worden geëvalueerd en de eindige-elementenmethode tooling wordt verder doorontwikkeld. Deze activiteit wordt afgestemd met de activiteiten binnen het ERP (TNO Early Research Project) Bodemdaling en Gebouwschade. In 2022 is verkend of geodata ingezet kan worden om bodemdaling te voorspellen. In 2023 wordt nagegaan of deze resultaten kunnen worden vertaald naar gereedschappen om de impact op de gebouwde omgeving te bepalen ten behoeve van onderzoek en advisering. Binnen het TKI-project 'Hivibe', dat loopt tot 2026, wordt specifiek onderzoek gedaan naar de invloed van funderingseigenschappen op de dynamische respons van gebouwen. Vanaf 2023 worden gebouwen gemonitord om modellen te kunnen valideren. In 2023 wordt de in 2022 gestarte onderzoekslijn naar de beoordeling van de constructieve veiligheid van bestaande gebouwen ten behoeve van hergebruik voortgezet. De inzet van meten en monitoring staat daarin centraal om tot een betrouwbaardere beoordeling te komen.

In het onderdeel zorgbouw gaat TNO na hoe de bouwkundige en installatietechnische infrastructuur van complexe zorggebouwen zoals ziekenhuizen effectief verduurzaamd kan worden en hoe de instellingen van de installaties geoptimaliseerd kunnen worden. TNO ontwikkelt scenario-instrumenten en voorspellende modellen om te onderzoeken hoe optimalisatie in bestaande zorggebouwen en verduurzaming technisch en financieel kan plaatsvinden met behoud van comfort en veiligheid voor patiënt en personeel, en van de bedrijfscontinuïteit. Hierbij wordt tevens de noodzaak van verduurzaming van de sector betrokken. Extra aandacht gaat daarbij uit naar de luchtkwaliteit met het oog op infectiepreventie en pandemiebestendigheid als belangrijk onderzoeksonderwerp. In 2023 wordt gewerkt aan verbeteren en uitbreiden van de eerder ontwikkelde aanpak om te analyseren of de instellingen van installaties optimaal zijn en het systeem functioneert zoals beoogd.

Digitalisering - Dit deelprogramma richt zich op de ontwikkeling en toepassing van digitale methodes, open standaarden voor data uitwisseling en datadeling en software tools ten bate van beoordeling van huidige en verwachte prestaties van fysieke bouwwerken ('assets') in de gebouwde omgeving.

Om datagedreven besluitvorming mogelijk te maken bij de grote maatschappelijke opgaven in de bouw- en infrasector is digitalisering cruciaal. TNO richt zich daarbij op het ontwikkelen en implementeren van een uniforme aanpak voor het modelleren en verbinden van informatieverzamelingen, informatiemodellen en prestatiegericht beoordelen. Voor domeinspecifieke vraagstukken werkt TNO binnen de kaders van de andere deelprogramma's aan de ontwikkeling van predictive twins: digitale replica's van bestaande assets waarin data uit statische bronnen, voorspellende modellen en monitoringssystemen worden gecombineerd en geanalyseerd. Binnen het deelprogramma digitalisering ligt de nadruk op schaalbare data-architectuur en dataplatforms voor het modelleren en verbinden van informatie. In 2023 richt de aandacht zich daarbij op de doorontwikkeling van Asset Life Information Management (ALIM) en op validatie van een aanpak om de kwaliteit van een dataset te bepalen voorafgaand aan de data-analyse. Daarnaast zal in 2023 een nadere verkenning worden uitgevoerd om te bepalen aan welke specifieke digitaliseringsvraagstukken gerelateerd aan prestaties van bouwwerken TNO in de komende jaren gaat bijdragen.

Energie in de gebouwde omgeving - In dit deelprogramma richt TNO zich op het ontwikkelen van technologieën, oplossingen en tools voor met name renovatie van woningen en utiliteitsgebouwen, en de opschaling daarvan. Dit met als doel de transitie naar een daadwerkelijk energiepositieve gebouwde omgeving te versnellen. Hierbij werkt TNO aan vier speerpunten. Het eerste speerpunt betreft de ontwikkeling van datagedreven gebouwmodellen (predictive twins), waarmee de daadwerkelijke prestaties van renovatieconcepten (energie, comfort en binnenluchtkwaliteit) kunnen worden voorspeld. Dat helpt bij het maken van keuzes (afwegingen tussen verschillende renovatieconcepten), het afgeven van prestatiegaranties, energieflexibilisering en foutdetectie en -diagnose. In 2023 ligt de focus op het realistisch modelleren van het werkelijke gebruikersgedrag en worden onder andere regelingen (zogenaamde 'model predictive controllers') voor energieflexibilisering ontwikkeld en gedemonstreerd. Het tweede speerpunt richt zich op de ontwikkeling van tools voor zogenaamde gebouwclustering (contingenten) om de opschaling van bestaande en nieuwe renovatieoplossingen voor woningen en utiliteitsbouw te verbeteren. In 2023 wordt de contingentenaanpak gevalideerd in de praktijk en wordt de clustertool uitgebreid met procesaspecten (onder andere kosteninschatting, gebouwopname). Het derde speerpunt betreft de ontwikkeling van duurzame warmte-, koude- en ventilatiesystemen, waarbij het onderzoek zich richt op de systeemintegratie van klimaatsystemen (onder andere warmtepompen) in het gebouw en in interactie met het energiesysteem (met name elektriciteitsnet). In 2023 ligt de focus op de optimalisatie van (hybride) warmtepompsystemen en wordt het onderzoek opgelijnd met het Programma Duurzaam Team NL (een consortium met 9 grote installateurs), waarbij het snel opschalen van duurzame installaties, betaalbaar en met goede kwaliteit, centraal staat. Het laatste speerpunt is de ontwikkeling van compacte warmteopslag met een opslagtermijn van één week tot enkele maanden, waarbij drie verschillende technologieën worden doorontwikkeld: voelbare compacte opslag, thermochemische opslag door middel van zouten en compacte opslag door middel van redoxreacties. In 2023 richt het onderzoek

zich vooral op de mogelijkheden van integratie van compacte warmteopslag in het totale energiesysteem om focus aan te brengen in verdere technologieontwikkelingen.

Bouwmaterialen - Dit deelprogramma richt zich op innovaties van steenachtige materialen, asfalt en houtbouw. Belangrijk daarbij zijn het verlengen van de levensduur, hoogwaardig hergebruik van materialen, alternatieve bindmiddelen en het reduceren van emissies van schadelijke stoffen. Centraal punt bij steenachtige materialen is de ontwikkeling van nieuwe duurzame betonsoorten door hergebruik van reststromen en toepassing van alternatieve bindmiddelen. Daarnaast staat het beoordelen van de prestaties van bestaande betonnen elementen bij hergebruik in nieuwbouwprojecten ook centraal. Daartoe heeft TNO in 2021-2022 de Materiaalgedreven Multi-criteria Ontwerptimalisatie (kortweg MIMO) ontwikkeld, die in 2023 verder zal worden ingevuld afhankelijk van de onderzoeksvragen die in de markt worden opgehaald. Om tot succesvolle innovaties te komen is het tevens van belang om de degradatie van beton onder verschillende omstandigheden te kunnen voorspellen. In 2023 wordt daartoe voor corrosie van wapening in beton een propagatiemodel ontwikkeld.

Voor asfalt is de kennisontwikkeling gericht op duurzame materiaalinnovaties van biobased materialen en het ontwikkelen van betere meetmethoden om de levensduur van wegenbouwmaterialen nauwkeuriger in te schatten.

Vanwege de klimaatdoelen en de grote bouwopgave kiezen partijen steeds vaker voor houtbouw waarbij massieve wanden en vloeren of een houten skelet als constructie wordt toegepast. Om succesvol en competitief te zijn, wordt deze vorm van bouw geïndustrialiseerd. TNO ontwikkelt kennis voor deze nieuwe bouwwijze ten aanzien van optimalisatie van materiaalgebruik, ontwerp en productie ten behoeve van vereiste bouwkundige prestaties én duurzaamheid. Belangrijke kennisontwikkeling in 2023 richt zich op de witte vlekken aangaande constructieve veiligheid, brandveiligheid, duurzaamheid en levensduur. Ook het gebruik van andere biobased materialen neemt toe; TNO gaat in 2023 na hoe zij ook daaraan kan gaan bijdragen.

Maritieme constructies - Binnen het maritieme domein richt dit VP zich op constructies ten behoeve van hernieuwbare energie (wind, zon) en toepassing daarvan in schepen (emissieloos bouwen en varen). Voor het ontwikkelen, ontwerp en onderhoud van grootschalige constructies vraagt dit om begrip van het constructieve gedrag van detail- tot systeemniveau en inzicht in het effect van de belasting- en omgevingscondities in zee op de levensduur.

Dit deelprogramma richt zich op het (faal)gedrag van materialen, het (dynamisch) gedrag van constructies en het uitvoeren van veiligheidsanalyses. Hiervoor ontwikkelt TNO modellen die gecombineerd worden met metingen en experimenten, zowel in het lab als in het veld. Kijkend naar 2026 is een drietal speerpunten gedefinieerd voor het onderzoek. Het eerste speerpunt richt zich op de ontwikkeling van gegeneraliseerde en gevalideerde modellen voor het voorspellen van de levensduur en het monitoren van het gedrag van maritieme en offshore constructies, gemaakt van staal (funderingsconstructies, pijpleidingen, opslagtanks) danwel composiet (bijvoorbeeld windturbine bladen of opslagtanks). Hier speelt de combinatie van deterministische en probabilistische modellen met monitoringsdata een belangrijke rol. Om dit te bereiken wordt in 2023 het ontwikkelde corrosie vermoeiings-model gevalideerd en wordt het ontwikkelde model voor onzekerheden in levensduurvoorspelling van schepen en offshore windturbinefunderingen uitgebreid. Ook wordt gestart met het probabilistisch modelleren van windturbinebladen, waarvoor innovatieve methodes worden ontwikkeld voor het combineren van meetdata op kleine schaal en levensduurvoorspelling op grote schaal (predictive twin). Het tweede speerpunt betreft het ontwikkelen en demonstreren van een veiligheidsmethodiek voor de introductie van alternatieve brandstoffen (zoals waterstof en methanol) op basis van equivalente veiligheid. Het ontwikkelde framework hiervoor wordt al in 2023 ingezet om veiligheidsaspecten van methanol als scheepsbrandstof in te schatten. Bij het derde speerpunt wordt ingezet op het analyseren van het dynamisch gedrag van grote drijvende constructies (zonne- en windturbinefunderingen), waar de focus in 2023 ligt op de verbindingen tussen de vele drijvers voor deze drijvende constructies.

Titel	VP Geo Energie (P307)
MTIB Thema	Klimaat en Energie / MMIP4: Duurzame warmte en koude in de gebouwde omgeving (individueel en collectief), MMIP 6,7 (Verduurzaming warmtevraag Industrie, CO2 opslag, grootschalige energieopslag)
Contactpersonen TNO (DM en VPM)	Maurice Hanegraaf & Jan Diederik van Wees
Contactpersoon Regievoerder	TKI UE: Robert Jan van Egmond, TKI Geo Energie: Jorg Gigler, EZK: Ronald Schillemans
Programma jaar 2023 - Samenvatting	
<p>De noodzaak tot versnelde ontwikkeling van warmtenetten en de inzet van geothermie en Hoge Temperatuur Opslag (HTO) is opgenomen in het regeerakkoord en het klimaatakkoord. Een tweede belangrijk speerpunt zijn de veiligheidsrisico's van de energietransitie en bijbehorend risicobeleid. Een derde speerpunt is de route naar negatieve emissies inclusief CO2 opslag. Een vierde speerpunt is leveringszekerheid en balanceren van het energiesysteem. Energieopslag speelt hierin een belangrijke rol. De komende jaren wordt door de overheid gewerkt aan het ontwikkelen van een ruimtelijk programmatische aanpak waarbinnen alle verwachte activiteiten in de ondergrond (geothermie, opslag van waterstof/compressed air/warmte/aardgas, gaswinning, zoutwinning) vast worden gelegd. Deze prioriteiten in het regeerakkoord (opschaling duurzame warmtenetten en veiligheid van mijnbouwactiviteiten) sluiten naadloos aan op doelstellingen van dit VP programma :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Reduceren van pre-drill geologische Exploratie en Realisatie risico's voor geothermie en HTO door betere data-analyse, acquisitie, publieke informatiesystemen en modellen. 2. Verhogen productie geothermie en HTO door betere resource ontwikkeling en beheer. 3. Vergroten van veiligheid en verlagen van mogelijke negatieve (milieu)impact bij ondergrondse activiteiten (geothermie en HTO, CCS, abandonneren putten). 4. Verlagen kostprijs voor aanleg en aansturing van warmtenetten en optimalisatie van warmtevraag en aanbod door ontwikkeling van de publieke design toolkit. 5. Veilige en kosteneffectieve Ontwikkeling van CCS en Energie-opslag. 6. <i>Optimaliseren bodemenergiesystemen en bescherming van het grondwater (= Nieuw in 2023).</i> <p>Voor deze doelstellingen werkt TNO in missiegedreven ecosystemen samen met industrie en kennisinstellingen (i.e. Deltares, KWR, academia). De missies worden o.a. gedreven door kennisagenda's die samen met industrie en kennis instellingen worden gedefinieerd. De benodigde innovaties worden vervolgens grotendeels (ca 50% van het SMO-budget) gerealiseerd in nationale en internationale onderzoeksprogramma's zoals het lopende WarmingUP (budget 18 mln euro, looptijd 2020-2023) en SCAN project, en door TKI of EU gefinancierde projecten, zoals GENOVATIVE, PERFORM, RESULT, etc.</p> <p><i>Beoogde resultaten in 2023:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Ad 1. Release ThermoGis 2.1 met een HTO potentieelkaart. In WarminUp is een integrale geologische, structurele en geochemische karakterisatie van de breda formatie gemaakt. Deze wordt vertaald naar een landelijke HTO potentieelkaart. • Ad 2. Er is een Doublet Digital Twin (DDT) ontwikkeld voor een optimale operatie van geothermie en HTO systemen. In samenwerking met operators wordt deze digital twin ontwikkeld en komt in 2024 beschikbaar. • Ad 3. Samen met een operator wordt een sesimisich meetnetwerk aangelegd voor onderzoeksdoeleinden (in samenwerking met KNMI). De tooling die in 2021/2022 is ontwikkeld om breukreactivatie en seismiteit door afkoeling bij doubletten in zandsteen reservoirs te analyseren kunnen hiermee worden gevalideerd. • Ad 4. De ontwikkeling en het gebruik van de WarmingUP design toolkit voor het ontwerp van warmtenetten en case studies voor RES ontwikkeling door verschillende industriële partners in WarmingUP; de design toolkit is in 2022 uitgebreid met multi commodity capabilities voor een flexibel optimalisatiekader voor hybride systemen. In 2023 worden nieuwe capabilities toegevoegd op het gebied van optimaliseren van opslag & buffering van warmte in de ondergrond en bovengrond (buffervaten). 	

- Ad 5. Voor CCS is in 2022 voorbereidend werk gedaan voor de verwachte opschaling van CCS in projecten samen met industriële partners (e.g. Porthos); Verder wordt in 2023 gewerkt aan kennisontwikkeling op het gebied van monitoring. Er wordt een CCS model trein ontwikkeld die de basis gaat vormen voor toekomstige monitoring van CO2 opslag locaties. Verder wordt op basis van nieuwe data de opslagmogelijkheden in aquifers bepaald. Mogelijk is dit een kosteneffectief en veilig alternatief ten opzichte van opslag in lege gasvelden.
- Ad. 6. In 2023 en 2024 wordt gewerkt aan de ontwikkeling van veilige en detecteerbare omstortingsmaterialen voor bodemenergiesysteem. Alleen tijdens de aanleg kan nu aangetoond dat het omstortingsmateriaal goed is aangebracht. Gezien de explosieve groei van dit soort systemen zijn er vragen van de watersector over de veiligheid en bescherming van het grondwater. De afdichtingsmaterialen worden ontwikkeld en getest in het LAB. In 2024 worden deze toegepast bij 2 demonstratieprojecten.

Titel	VP Renewable Electricity (P321)
MTIB Thema	Klimaat en Energie / MMIP2, MMIP3
Contactpersonen TNO (DM en VPM)	Harm Jeeninga (Director Market), Arthur Weeber (VP manager Solar Energy), Jan Willem Wagenaar (VP manager Wind Energy)
Contactpersoon Regievoerder	Ministry of Economic Affairs and Climate. Directorate General Climate & Energy <ul style="list-style-type: none"> • Debby Joosen • Eva de Leede: "Clusterleider windenergie op zee" • Laura Jansen: "Beleidsmedewerker windenergie op zee" • Florentine van der Wind: "Beleidsmedewerker windenergie op zee/ecologie" • Ruben Prins: "Senior beleidsmedewerker energie-innovatie" • Erik ten Elshof: "Senior beleidsmedewerker energie-politiek" • Micha Rots: "Senior beleidsmedewerker energie-innovatie" TKI Wind op Zee <ul style="list-style-type: none"> • Bob Meijer: Director "TKI Wind op Zee" • Bram van der Wees: Program manager "TKI Wind op Zee" TKI Urban Energy <ul style="list-style-type: none"> • Robin Quax: Program Manager Renewable Electricity • Ümit Duman: Innovation Analyst Renewable Electricity Missie Team Electricity <ul style="list-style-type: none"> • Frans van den Heuvel
Programma jaar 2023 - Samenvatting	
<p>The overall ambition of the Roadmap Renewable Electricity is to gain knowledge and to develop technologies that enable large-scale deployment of wind and photovoltaic solar energy. Our research program is carried out together with partners from industry and science. We focus on reducing generation cost of renewable electricity, and on developing technological solutions to resolve barriers with respect to implementation. These technological solutions should also increase the economical, societal, and ecological value of renewable electricity systems, and should result in an improved performance. Furthermore, it should result in a better market position for our public and private partners and contribute to manufacturing leadership of Europe enabling a significant market share.</p> <p>For Wind Energy, this VP supports the implementation of the required wind power in the Netherlands against lowest societal costs. Current outlooks, updated in 2022, foresee an installed capacity of 21GW in 2030 ('Aanvullende Routekaart Windenergie op zee 2030') and up to 72GW in 2050 ('Noordzee Energie Outlook') of offshore wind. Recent developments in the energy markets and in the geopolitical arena provide an additional incentive to accelerate the achievement of these goals.</p> <p>The upscaling of offshore wind encounters barriers such as costs, speed of implementation, use of offshore space, safety, ecology, human factor and the integration in the energy system. Also onshore wind is addressed, but the activities are less technical of nature and more environmental, societal and addressing regulation.</p> <p>For Solar Energy, this VP supports large scale deployment of PV in the Netherlands at low cost and high value. Current outlooks foresee an installed capacity of about 200 GWp in 2050 ('Ruimtelijk potentieel van zonnestroom in Nederland', TKI Urban Energy 2021). Furthermore, this VP aims to strengthen the Dutch and European PV industry and contribute to bringing back manufacturing to Europe. Our R&D covers a large part of the value chain and focusses on increasing the energy generation per surface area (which is related to the conversion efficiency but includes more factors), on spatial and/or physical integration of PV in remote areas and in the built environment (making PV 'invisible'), and on making solar energy fully sustainable and circular. All these aspects are key to realize the climate goals in which PV plays a significant role.</p> <p>The R&D programme on Wind Energy is part of TKI Wind op Zee and is seamlessly aligned with the MMIP1 of Mission A. The programme for Solar Energy is fully aligned with both MMIP1 and 2. The MMIPs are currently being updated for which its implications have been incorporated in this VP. For the next three years the main goals are to:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Support the accelerated offshore wind development; 2. Improve the integration of wind power in the energy system; 	

3. Reduce the costs of wind power even further;
4. Ensure safe, efficient and reliable operation of offshore wind farms;
5. Increase circularity of wind energy;
6. Expand ecological (e.g. birds and bats) research and move towards inclusive wind farm design;
7. Develop a framework for the profitability of solar parks on land and driven by societal value;
8. Ensure successful pilots of floating PV on the IJsselmeer and North Sea;
9. Create technology solutions for high-volume manufacturing of customized PV products that can be integrated in elements for buildings, infra and mobility while maintaining the primary function of these elements with proven reliability and safety;
10. Realize cost competitiveness for recycling of PV modules and resulting in easy access to high-value materials;
11. Be one of the key partners in establishing novel PV manufacturing in the EU;
12. Increase the efficiency of large area so-called tandem PV devices beyond the limits of the current silicon PV technology.

In order to achieve these goals of this VP we have structured our R&D program and are aiming for innovations in offshore wind energy and in solar energy. The implemented innovations should support the competitiveness of the Dutch industry, should remove barriers for the accelerated implementation of renewably generated power and should create many green jobs. The main pillars (PMC clusters) of the programme are

- Offshore wind farms: Supporting fast implementation and reliable operation of offshore wind farms towards 2030 and further reduction in cost of energy for offshore wind power.
- WE System Integration: Improving the implementation of wind energy in its surrounding system in terms of power, ecology and society. Increasing the flexibility, conversion, storage and market are important themes in power system integration.
- New Technologies: Developing new wind energy system concepts for the period after 2030 and for which a viable business case does not exist yet. Experimental validation is explicitly part of this pillar.
- Sustainable Solar Parks on Land and Water: Developing solutions for profitable solar parks on land and driven by societal value.
- Integrated Solar and Safety: Realizing technologies for safe and integrated PV at competitive cost and for multiple use of available area.
- Circular modules and mass customization: Developing technologies for customized PV and recycling of PV products, and supporting local manufacturing in this field,
- Advanced solar technologies: increasing the conversion efficiency beyond the limits of current silicon and thin-film PV by developing tandem and on the long-term multijunction PV.

Titel	VP CO2-neutral industry (P323)
MTIB Thema	Klimaat en Energie
Contactpersonen TNO (DM en VPM)	Richard Braal, Ronald van den Berg, Jaap Vente
Contactpersonen Regie-voerder	Rob Kreiter (TKI-E&I), Jörg Gigler (TKI-Gas), Kees de Gooijer (TKI-BBE)

Programma jaar 2023 - Samenvatting

The demand driven program “CO2 neutral industry” responds to the societal need for a carbon neutral industry as formulated in the Climate Agreement. The government’s central goal with the National Climate Agreement is to reduce greenhouse gas emissions in the Netherlands by 55% by 2030 compared to 1990 levels. An integral knowledge and innovation agenda (IKIA) was established, following the Dutch climate agreement. Five “missions” were defined containing 13 MMIPs (multi-year mission driven innovation programs).

Following the missions and MMIP the VP CO2 neutral Industry is structured in 8 program lines. The table below shows how long term ambitions are connected to the energy transition goals as described in the MMIP programs.

Ambition		
<ul style="list-style-type: none"> TNO enables and supports the smooth, safe and efficient transition of the Dutch and European industry towards CO2 neutral production in 2050. In 2050 the Dutch (energy intensive) industry is thriving and climate neutral. The industrial transition in the NL is taken as a good example in other EU countries. 		
External formulated long term goals (2030 - 2050)	Our impact / attribution	Output / objectives 2025
<ul style="list-style-type: none"> NL Climate law: 95% reduction of GHG in 2050 relative to 1990. EU climate plan: at least 55% reduction of CO2 in 2030 relative to 1990. In 2030 Carbon Capture & Storage (CCS) is implemented on hard-to-abate sectors like the waste sector, refineries, cement and steel. By 2030 industrial heating up to 300 °C is sustainable and high temperature heat (>300°C) is delivered with 55% lower CO₂ intensity In 2030 the Netherlands is implementing the repurposing of existing national and cross border infrastructures towards Hydrogen and Syngas/CO₂. In 2030 sustainable hydrogen production is on its way to implementation. In 2030 biobased feedstock is fully implemented and considered to be “standard” In 2030 one third of the energy used for mobility is climate neutral. Electricity, biobased- and synthetic fuels and feedstock are available and being applied. In 2050 industrial feedstock, products and processes are energy neutral and at least 80% circular 	<ul style="list-style-type: none"> Develop technology that enables the iron and steel, refinery, cement and waste to energy industry to reduce their emission through CO2 capture and use Develop technology that enables the chemical, paper, food and beverage industry to have an energy efficient and CO2-neutral process heating system Collaborate with industry and government to develop a future-proof cross border (molecular) infrastructure for the renewable energy system: hydrogen admixing, CO₂ transport, green-gas and intermediate chemicals/feedstock Technology development and implementation support to enable large scale biobased fuels and feedstock use in the NL and Europe Support the Dutch industry in commercial implementation of clean hydrogen production and use in synthetic fuels and chemicals To support decision making with integrated models for industrial transition on multiple levels: industrial cluster, region, country and international level. Initiate and facilitate discussions on key choices to be made in the energy transition. 	<ul style="list-style-type: none"> TNO contributed technology to at least 5 major (100kt/y) CCS implementations: “TNO inside” Heat pump technology up to 150 °C is demonstrated in various industrial settings Joint vision on infrastructure development for molecules like hydrogen and CO₂ in a cross-border cooperation with Germany and Belgium. TNO contributes to cost reduction on current electrolyser systems and the development of the supply chain for scale-up. Break-trough technology for the second generation electrolysers demonstrated on TRL-5. Green gas and biofuel demonstration projects together with relevant market players. Novel economically viable routes for synthetic fuels and chemicals have been proven at TRL 5 and one has been demonstrated at an industrial site. At least 1 white-paper each year about key directions of the energy transition including technological forecasting.

The key focus of each of the program lines is as follows:

- Industrial CO2 capture: key elements include cost reduction, process stability, energy efficiency, CO2 purity and overall emissions of the CO2 capture unit.
- Sustainable Industrial Heat System: technology development to reduce, reuse, supply and store heat. Focus on generating sustainable heat through combustion, electrical heating, hybrid heating solutions and efficient separations.
- Energy Infrastructure: focusses on (trans)national infrastructure development, including new value chains (H2, CO2) and coupling of offshore wind and hydrogen. This program line also works on safety aspects of new gases in existing/new infrastructure: integrity, high frequency dynamics and noise, using digital twins and machine learning and early detection of issues using Artificial Intelligence.
- Clean Hydrogen Production: This program line focusses on hydrogen production and addresses the main challenges: cost reduction, performance improvements and massive scale up. This includes validation of potential (technical and commercial) of (Dutch) electrolyser components innovations.
- Biobased Fuels & Chemicals: the research focusses on maximizing the molecular capital from biogenic sources like demolition wood, seaweed and all sorts of agricultural residues. The aim is to develop sustainable bio-fuels for the aviation and shipping. The maximum climate impact is reached when the excess carbon is sequestered either as CO2

or bio-char. When there is a surplus of renewable electricity available one can envisage that converting that electricity to hydrogen allows all carbon in the biomass to be used to produce value added chemicals.

- Synthetic Fuels & Chemicals: The processes to synthetically produce the carbon based compounds, like formaldehyde, methanol, DME, ethylene, propylene, and kerosene, from CO₂ are hindered by a low conversion and a poor selectivity. This is the main topic of research in this program line.
- Radical New Industrial Processes: within this program line we develop new technological approaches and options, for the longer term with a high risk character.
- Industrial Transformation: governments in the Antwerp-Rotterdam-Rhein-Ruhr Area (ARRRA) will have to make far reaching decisions in the next years with respect to investments in new technologies, infrastructure and regional development. However, there are large uncertainties and interdependencies, both nationally and internationally, related to technology development, market development, sustainable feedstock and energy availability and transnational laws and regulations. Therefore, it is very difficult for stakeholders to make decisions balancing the societal, ecological and economic costs and benefits, while fast decision making is needed. This is the challenge that we address in this program line.

Titel	VP Luchtkwaliteit (P510)
MTIB Thema	
Contactpersonen TNO (SD en VPM)	Paula Bronsveld (VPM), Martijn Schaap (depSD)
Contactpersoon Regie-voerder	Paul Rijkse (MinlenW)
Programma jaar 2023 - Samenvatting	
<p>The Netherlands is facing pressing environmental challenges. Many of these are related to anthropogenic emissions. Approximately 11.000 premature deaths can be attributed yearly to bad air quality. Global warming may lead to catastrophic sea level rise, droughts, and more frequent extreme weather within a few decades. And significant biodiversity loss is expected if the critical loads for atmospheric nitrogen deposition keep being exceeded in the Dutch nature areas.</p> <p>To curb these impacts and to comply with European legislation, the Dutch government has committed itself to a strict set of agreements:</p> <ul style="list-style-type: none"> • In 2020 the “Schone Lucht Akkoord (SLA)” was signed, which aims for 50% air quality related health gain in 2030 and focuses on the WHO recommended values for particulate matter and NO₂. • In 2016 the Netherlands committed itself to the Paris climate goals and therefore now aims to reduce greenhouse gas emission by 49% in 2030 at the hand of the “Klimaatwet”. • In 2021 the “wet stikstofreductie en natuurverbetering (WSN)” was accepted, which sets a target of 74% area of the Dutch Natura2000 reserves to be below the critical deposition load (KDW) for deposition of reactive nitrogen in 2035 (which was antedated to 2030 in the current coalition agreement). <p>The set targets of these three agreements are ambitious and, to develop cost-effective mitigation strategies to reach policy goals, it is essential to know the current situation well and understand the source-effect relationships. Within the VP Air Quality, TNO therefore focusses on the development of technological methods and solutions for an innovative, state-of-the-art verification and monitoring infrastructure for atmospheric emissions. At the hand of these solutions the progress to target can be tracked and the right policies for reducing emissions that harm air quality, climate and biodiversity can be designed. The combination of a wide range of competences in the field of measuring and modelling of atmospheric emissions makes TNO unique in the Netherlands and abroad.</p> <p>In the development and implementation process for these technological solutions, TNO seeks for synergy with other Dutch scientific partners like RIVM, KNMI, SRON, TUD, RUG, WUR, VU, UU and GGD. The VP is also well embedded in the European scientific society for air quality and greenhouse gas monitoring and supports related activities.</p> <p>Some important short-term results for 2023 are:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Continuation of the work on ultrafine particles (UFP) into a preliminary Dutch UFP infrastructure for the determination of (local) concentrations, which will result in a first map of UFP distributions across the Netherlands using LOTOS-EUROS. • 1st prototype of smart urban sensor networks that can be used for monitoring cities, rural areas and industry and provide direct feedback to stakeholders (industry, municipalities). • A state-of-the-art toolset to quantify the impact of nitrogen emitting sources on (nearby) Natura 2000 areas, which makes use of the latest TNO insights on emission-, transport- and deposition models and measurement methods. • A demonstration of Dutch ICOS data, since 2022 compliant to European standards, being used for inverse modelling, greenhouse gas fingerprinting and TOPAS-NL for methane and ethane. 	

Titel	VP Circulaire Economie (P515)
MTIB Thema	Circulaire Economie
Contactpersonen TNO (DM/SD en VPM)	Erlend Deckers (VPM), Ardi Dortmans (SD)
Contactpersoon Regie-voerder	Bas Warmenhoven (IenW)
Programma jaar 2023 - Samenvatting	
<p>The Circular Economy is a critical means to achieve the sustainable development goals and the Paris agreement on climate change. A circular economy aims for using less raw materials, re-using materials, components and products optimally and substitution of limited raw materials by renewable raw materials. In doing so, the circular economy contributes to prevention of climate change and environmental pollution, reduction of loss in biodiversity, improving socio-economic effects, and to reduction of criticality/ depletion of raw materials (see “Mogelijke doelen voor een circulaire economie”, Policy Brief, PBL, July 2021).</p> <p>In the past few years several documents and reports have been published by a.o. the EU, the Dutch government and/or Dutch ministries, and PBL that describe - at a high level - the (Dutch) policy and priorities concerning a more circular economy (a.o. KIA CE 2019, policy brief PBL 2021, Coalitieakkoord 2021, brief Grondstoffenvoorzieningszekerheid 2022, etc). The activities in this VP aim to contribute to the acceleration of the transition to a more circular economy in the Netherlands. This VP relates to the high level policy and goals in the following ways, a.o.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Committing to Circular Economy goals 2050 & 2030, a 100% circular economy resp. 50% reduction of use of abiotic raw materials. • Supporting maximising raw material efficiency, Design for Recycling, Circular materials & processes (KIA CE). • Supporting ambition towards circular industry and circular build environment (Coalitie akkoord). • Supporting priority value chains (plastics, build environment, manufacturing industry, batteries / electronic devices (kamerbrief 2022, coming National Program CE). • Intensifying research concerning criticality and strategic autonomy (kamerbrief 2022, coming National Program CE). <p>The VP Circular Economy focuses on 3 topics: Circular Value Creation (CVC), Circular Plastics and Circular Electronics. In the Circular Value Creation program, we quantify and model the impact of CE, focusing on a number of product groups from the Dutch National Program CE like built environment & infrastructure, manufacturing industry, energy transition, and also supporting national & local governments and authorities, by the combined environmental, economic and social effect of circular and sustainable technologies, strategies & policies. In the coming years, CVC keeps its priorities at (1) methodological development of the LCA methodology being defined by the EU as the reference methodology for determining environmental impact, including backcasting tools; (2) business models and the influence of new technologies on business models in particular for the creation of circular hubs and (3) strategic materials autonomy for NL and EU in view of the current geopolitical developments.</p> <p>The Circular Plastics program focuses on creating a more circular plastic value chain by 1) impact-based systemic modeling of the plastics value chain, 2) development of products with improved recyclability, 3) effective recycling technologies and 4) understanding the health effects of microplastics and strategies how to mitigate microplastic formation and exposure to microplastics. The priorities of the circular plastics program for 2023 include (1) Plastics Recycling Impact Scenario Model (PRISM) in python based environment; (2) the development of recycling quality model to assess the developing technologies; (3) a model describing the effect of post-consumer recycle quality on the sealing behaviour of flexible films; (4) scale up of Möbius dissolution technology; (5) next generation of thermal cracking; (6) an in-line characterization tool for polymer quality and degradation and (7) a novel electron microscopy based method which combines microscopy and machine learning to characterize microplastics. The technologies will be assessed using life cycle assessment (LCA) by adding the quality of the recycled plastic and the impact of microplastics into the impact assessment.</p>	

Methodologically there is a strong link between the Circular Value Creation Program and the impact analyses part of the Plastics program. The same modelling framework is used as a starting point and innovation in models is aligned.

In 2022, the start of a new program on circular electronics and critically of materials for the energy transition is being explored. The potential 2025 goal of the Circular Electronics program is of technological nature: the development of a sustainable and versatile, yet robust, recycling process to treat (urban, industrial) waste streams in the Netherlands to extract and recover critical and strategic materials which are essential for current and future technologies for the energy transition. Material criticality is already for a longer time identified as one of the goals of circular economy (see various TNO reports on this subject, PBL policy brief) and has become more urgent due to recent geopolitical developments (see "Towards a circular energy transition" Metabolic, June 2021).

We are investigating various product categories such as batteries, solar panels, printed circuit boards, and electrolyzers from a unified and modular concept for chemical extraction and separation. The short-term (2023) goal is to optimize TNO's sustainable dissolution processes for spent Li-ion battery materials. Additionally a "system analysis approach" for critical elements in the Netherlands urban/industrial mine will be initiated, which will provide valuable insights on the urban/industrial mine, the location and concentration of these critical elements at sub-component level and possibilities to extract these.

Titel	VP Sustainable Chemical Industry (P603)
MTIB Thema	Sleuteltechnologieën - Mission C / MMIP 6,7,8 / Mission CE
Contactpersonen TNO (DM en VPM)	Ir. Peter Wolfs
Contactpersoon Regievoerder	Topsector Chemie: Jacqueline Vaessen
Programma jaar 2023 - Samenvatting	
<p>The drivers for the program Sustainable Chemical Industry are derived from the drivers of the value chain for the chemical industry and are in line with the ambitions of the Topsector Chemie. The program focuses on developing technology in demand driven Public Private Partnerships that are embedded in specific regional and national ecosystems with international collaborations. This program works in close collaboration with other programs and Early Research programs and provide together a complete proposition for the chemical value chain. This program is organized in the PPP's Biorizon and Brightlands Material Center and a growing program line Photons 2 Chemicals.</p>	
Biorizon	
<p>Biorizon has established a strong global IP position, unique know-how and research facilities in support of their Diels-Alder technology platform, providing multiple opportunities to access a plethora of bio-aromatic products. Hereby, Biorizon enables cross-sectoral value chains that provide increased revenues for established and upcoming biorefineries, regionally and economically produced sustainable building blocks for the chemical industry, and enhanced applications for a circular society.</p>	
<p>In 2020, TNO created spinoff company Relement, which focuses on commercialization of by Biorizon established production technology for 1st generation bio-aromatics MPA and HMA. With regards to further technology development, IP position, collaborations and organizational plans, the focus of Biorizon has shifted towards development of furan based and next generation bio-aromatic building blocks to afford a wider range of novel and existing bio-aromatics. For 2023, the focus of the Biorizon program will be on bringing next generation bio-aromatics (e.g. first validation in application) and furan-based building blocks (e.g. first application of biobased surfactant in washing experiments) to TRL4. In support of these goals, expansion of TNO's TRL5 facilities at the Green Chemistry Campus and realization of the Biorizon Application Center are foreseen.</p>	
Brightlands Materials Center	
<p>Within this PPP this VP focuses on 2 program lines: Sustainable Buildings and Sustainable Mobility.</p>	
<p>BMC's Sustainable Buildings program focuses on the development and validation of innovative optical materials for sustainable buildings. These materials are either coatings or polymer films with specific solar control functionalities, which are applied in windows and building-integrated photovoltaics (BIPV). To date, we have developed proprietary coatings and PVB polymer films with thermochromic functionality. They are transparent in the visible, and switch from a solar infrared light (= solar heat)</p>	

transmissive to a solar heat blocking state and vice versa. They are applied in windows for intermediate climates with relatively cold winters and warm summers, e.g. The Netherlands, and result in a reduction of energy consumption, CO₂ emissions and costs for heating and cooling of buildings. By application of these coatings and films in windows in the Netherlands, 8% additional energy savings can be realized on top of HR++ glass. This translates to cost savings of € 23.70 per m² of window per year. When all windows in the Netherlands would be exchanged for HR++ windows with additional thermochromic functionality, CO₂ emissions could be reduced by 4.5 Mt p.a. Currently, first 1 m² sized demonstrator windows comprising thermochromic films are installed in a test building and will be monitored for 12 months. Based on the results of this real life performance monitoring, the thermochromic film will be further optimized in 2023. The thermochromic coatings have been optimized on lab scale (up to A4 sized demonstrator), and will be scaled up to 1 m² sized demonstrators in 2023, using a tailored pilot production facility which is currently being established. Furthermore, the technology will be diversified into other market (e.g. glazing for electric vehicles), and circularity aspects of the technology will be investigated in 2023 (e.g. application on old re-used window glass, retrofit application). Related to BIPV, we will validate heat blocking encapsulants in real life conditions on a test building, and transfer our colored coatings for BIPV covers from test buildings to occupied buildings in Maastricht in 2023.

The program line Sustainable Mobility focuses on development of technology for implementation of circular and lightweight, structural thermoplastic composite (TPC) materials in the mobility sector to accelerate the material and energy transition in this sector. In 2022, we have shown a number of successful examples of the application of recycled Long Fiber reinforced Thermoplastics from composite waste ("reLFT") in composite products with good performance. In 2023, we will expand the applicability of this technology to the use of different types of reinforcing fibers, such as natural fibers (e.g. flax), carbon fibers, and reclaimed fibers from thermoset composite waste. In 2022, we have also implemented new equipment and new procedures for continuous fiber 3D printing to enable the production of fully thermoplastic composite products by additive manufacturing. In 2023, we will work together with different industrial partners to develop and validate 3D printed components for mobility applications. In addition, we will further develop and demonstrate conceptual knowledge (multi-physics and multi-scale based material models) predicting both fiber attrition during processing and durability of hybrid thermoplastic composites for lightweight structural applications.

Photons-2-Chemicals

The photons-2-chemicals program focuses on the direct use of sunlight as sustainable energy source for the production of chemicals and fuels. Currently, the program consists of two research lines: the production of chemicals and fuels using CO₂ as carbon source (gas phase reactions at solid catalysts), and the production of fine chemicals (liquid phase reactions using molecular catalysts). To date, we have developed plasmonic catalysts for the conversion of CO₂ to CO and CH₄. We have demonstrated the corresponding chemical conversions in batch and continuous flow processes on lab scale using artificial sunlight, and are currently in the process of progressing towards a real-life demonstrator using natural sunlight as energy source, combined with artificial LED lighting for continuous processing. This will take place in 2022/2023. Furthermore, we developed 1st generation catalysts for production of CH₃OH and chemicals/fuels with more than 1 carbon atom. These will be further validated and optimized on lab scale in 2023. Furthermore, in 2023 we will explore the development of plasmonic catalysts for sunlight-powered dry reforming of CO₂ with CH₄, to produce syngas and we will validate other options for processing in dark, as alternatives for artificial LED lighting.

Titel	VP Industrial Electrification and CCUS (P616)
MTIB Thema	Sleuteltechnologieën / Chemie
Contactpersonen TNO (DM en VPM)	Ir. Peter Wolfs, Ir. Martijn de Graaff
Contactpersoon Regie-voerder	Topsector Chemie: Jacqueline Vaessen
Programma jaar 2023 - Samenvatting	
<p>The increasing amounts of renewable wind and solar derived electrical energy offer great opportunities for the industrial production of green hydrogen and the conversion of renewable raw materials (e.g. biomass, CO₂) to added value chemicals and fuels. This program aims at the development and piloting of disruptive Industrial Electrification and CCU technologies, and associated value chains and business models. The focus of the program is on the unique combination of industrial electrification (Power-2-X) with carbon capture and utilization (CCU) employing predominantly renewable feedstock (biobased and CO₂) and renewable electricity as energy supply.</p> <p>In 2023, we will continue further developing the proof-of-principles and proof-of-concepts towards higher TRL together with regional, national and international stakeholders from industry and government. Focus of the activities in 2023 and the expected results will be:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Value chain development for fuels, fertilizers and materials: Techno-Economic comparison of upcoming electrification technologies, comparing different value chains and CO₂ reduction scenario's, involving industrial partners. • Electrosynthesis of high-value chemicals using biobased feedstock: Demonstration of continuous paired electrochemical production of maleic and valeric acids in a stack reactor on industrial pilot scale at TRL-6 and scale up to >1000 cm². • Capture integrated electrochemical CO₂ conversion: Design and delivery of lifetime testing station Aglaia, development and demonstration of generation 2 technology at TRL-5 in Fieldlab Rotterdam. • High temperature electrolysis of CO₂ and Water (Solid Oxide Electrolysis): Construction and validation of robust short 3-cell Solid Oxide stack (30x30 cm²) with emphasis on improved performance and implementation of Co-free electrodes. • Electrolyzer industrialization: Investigation of novel materials and electrolyzer production concepts for electrochemical CO₂ conversions. • Plasma synthesis technology: Completed bench scale plasma system and optimized Hüls process with high selectivity towards acetylene and downstream conversion towards ethylene. <p>Furthermore, we continue our support of the recently started Fieldlab Industrial Electrification (Rotterdam Harbor Industrial Complex) and collaborate closely with Brightsite (Geleen-Chemelot). In these regional testing facilities the developments from this program, amongst others, can be further piloted and brought towards demonstration together with industry and public stakeholders. Through this approach we aim to accelerate the development and implementation of results, so that our contribution to the 2030 and 2050 climate targets is maximized.</p>	

Titel	Sustainable Traffic and Transport (P408)											
MTIB Thema	Mobiliteit / Missie D+ (MMIP 9 & 10; deel-KIA Toekomstbestendige Mobiliteitssystemen)											
Contactpersonen TNO (DS en VPM)	Marieke Martens (DS), Marika Hoedemaeker, Isabel Wilmink, Geiske Bouma (VPMs)											
Contactpersoon Regievoerder	Topsector HTSM: Leo Warmerdam Topsector Logistiek: Niels Agatz Topsector Water & Maritiem: Bas Buchner Ministry of IenW: Michel Duinmayer (IenW-DGMO/Unit Strategie) and Karen de Ruijter (IenW-DGMO/Unit Strategie) Ministry of BZK: Kees de Jong (DGBRW/Directie RenL, cluster E/account kennis) en Arie Versluis (PDGRO/Geobeleid Kennis en Data)											
Programma jaar 2023 - Samenvatting												
<p>The roadmap Sustainable Traffic & Transport (T&T) focuses on knowledge and innovation for technology and policy in order to make the mobility sector more sustainable. Research in the Programme Sustainable T&T focuses on the development of technology, instruments and policy-relevant knowledge for reducing the environmental impact of mobility with a focus on air pollutant emissions ('clean') and greenhouse gases ('efficient/sustainable'). Research and development in support of policy and innovation takes place at three system levels: the vehicle, the mobility system and mobility in the wider social system context.</p> <p>The ambition is to make traffic and transport environmentally sustainable, with very low to zero emissions of air pollutants, noise and CO₂, and powered by renewable energy. Our goals until 2025 are:</p>												
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2" data-bbox="699 1077 1077 1153"><i>alignment / demand articulation</i></th> <th data-bbox="1077 1077 1197 1220" rowspan="2">vehicle level</th> <th data-bbox="1197 1077 1316 1220" rowspan="2">system level</th> <th data-bbox="1316 1077 1436 1220" rowspan="2">society level</th> </tr> <tr> <th data-bbox="699 1153 888 1220">technology development</th> <th data-bbox="888 1153 1077 1220">policy support</th> </tr> </thead> </table>		<i>alignment / demand articulation</i>		vehicle level	system level	society level	technology development	policy support			
<i>alignment / demand articulation</i>		vehicle level	system level	society level								
technology development	policy support											
Develop and apply H2 combustion technology	Topsector HTSM		X									
Develop solutions for improved battery and fuel cell lifetime	Topsector HTSM		X									
Open/shared test facilities supporting public private partnerships (PPPs) on developing and assessing sustainable propulsion technologies	Topsector HTSM	IenW	X	X								
Expand propositions to other modalities such as shipping, rail, mobile machinery and stationary power generation	Topsectors HTSM + Water & Maritiem	IenW	X	X	X							
Develop multi-disciplinary knowledge and tools assessment of the impacts of sustainable transport and mobility solutions and policies from a system perspective in connection to spatial challenges, the mobility transition and the energy transition, and 'broad welfare'	Topsector Logistiek	IenW + BZK		X	X							
Develop and apply AI (Artificial Intelligence) for powertrain controls, system optimisation tools and data analysis	Topsector HTSM	IenW	X	X	X							

Some of the key results to be realised by 2023 are:

- Development and benchmarking of various fuel injection systems of a hydrogen combustion engine for trucks, to demonstrate that application of hydrogen in internal combustion engines can provide a sustainable and cost-effective solution for reduction of CO2 emissions in heavy transport applications.
- Construction of a battery module, including algorithm demonstration
- A first physics based model of a battery
- EC Green Deal project MAGPIE: First electric trucks used in logistics operation for heavy container transport to and from the port of Rotterdam.
- New measurement and monitoring approaches that will allow emissions measurement and monitoring programmes in the mobility sector to be updated to the latest changes in emissions legislation (e.g., the Euro7 that will be published in the last quarter of 2022). This will cover methods to measure lifetime emissions and new regulated pollutants; simple measurements techniques for screening of malfunctions have been developed that may be included in PTI or inspections; on-road measurement of non-exhaust emissions.
- Methods and tools to support the uptake of zero emission vehicles, vessels and machinery, with a focus on methods to assess favourable technologies for hard to electrify heavy duty vehicles (e.g. FCEV, H2-ICE, e-fuels) and understanding of the parameters (other than cost and applicability) that affect the uptake. Also methods to determine the actual current deployment of trucks and what this means for the transition to zero-emission trucks.
- Policy paper and strategy for the introduction of methanol in specific (maritime) markets.
- Engine tests with the use of an alternative combustion engine using TNO's maritime 1-cylinder engine.
- Tools to gain insight in distribution of emissions (CO2 and NOx) of logistical concepts, amongst different segments for different geographical areas.
- Creation of the Citiport concept, an extended hub concept that integrates different known 'hub barriers' in a systemic way; not only bundling logistics, but also providing space for energy infrastructure, value added service, integrated transport planning, etc..
- A self-assessment framework in innovation capacity, with which cities can assess their capacities and skills within the organization related to innovation: this connects to cross-sectoral coordination (e.g. space, energy, mobility), both within government organisations and in cooperation with stakeholders.
- A Multimodal Hub & Logistics module (MOVE21), including water transportation; simulating the added value of sustainable mobility in relation to the quality of the living in environment in cities and regions.
- Automation of coupling between the models Urban Strategy, CHARPROEV & ESSIM giving insight in connecting spatial challenges, the mobility transition and the energy transition.
- Model concepts in which energy, mobility and space come together, with a focus on predicting the energy demand for charging electric vehicles, the translation to mobility patterns in space and time and charging flexibility. This application is linked to the further development of Large Scale Micro Simulator Proof of Concept, to connect different scale levels (national, regional, local). This way we contribute to future proof planning of charging infrastructure.

Titel	VP Smart & Safe Traffic & Transport (P407)
MTIB Thema	Mobiliteit / Missie D+ (MMIP 9 & 10; deel-KIA Toekomstbestendige Mobiliteitssystemen)
Contactpersonen TNO (DS en VPM)	Marieke Martens (DS), Marika Hoedemaeker, Isabel Wilmink, Geiske Bouma (VP-managers)
Contactpersoon Regievoerder	Topsector HTSM: Leo Warmerdam Topsector Logistiek: Niels Agatz Ministry of IenW: Michel Duinmayer (IenW-DGMO/Unit Strategie) and Karen de Ruijter (IenW-DGMO/Unit Strategie) Ministry of BZK: Kees de Jong (DGBRW/Directie RenL, cluster E/account kennis) and Arie Versluis (PDGRO/Geobeleid Kennis en Data)
Programma jaar 2023 - Samenvatting	
<p>The research within the roadmap Smart and Safe T&T focuses on knowledge and innovation of smart mobility solutions (digitisation and automation) to increase road safety and improve the efficiency of logistics and the mobility system. Research and development in support of policy and innovation takes place at three levels: the vehicle level, the mobility system level and the wider societal level.</p> <p>The research that is undertaken closely relates to cooperation with OEMs (i.e. topsector HTSM), companies (i.e. topsector Logistiek) and government (i.e. ministries of IenW and BZK).</p> <p>For the coming years the roadmap focuses on support of the Dutch R&D ecosystem to realise smart mobility and logistic solutions which are supporting a smooth transitions towards sustainable, safe and efficient traffic and transport.</p> <p>Looking ahead, in 2025 we aim to have a visible role and impact in showcasing smart mobility solutions together with local and governmental parties. For instance during the Automotive Week in Helmond (April 2023), ITS Europe (2024) and Urbanism Next (2023 or 2024).</p> <p>TNO Traffic & Transport aims to be an important knowledge and policy advice provider for Dutch (national and local) government for long-term assessment and policy on effects of smart mobility solutions by providing methods, facilities and tools (e.g. for a 'smart' type approval process).</p> <p>We are working towards realizing at least three public-private partnerships or eco-systems (PPPs); one on digital steering, one on digital road infra and one on smart logistics. To support these PPPs on developing and assessing new smart mobility systems, TNO focuses on simulation, scenario based testing, and hardware and software in the loop testing on real live data. To this end we are developing the Smart Mobility Research Centre (SMRC), which offers a dynamic and open innovation centre to work with industry and government partners on future-proof, scalable and smart mobility solutions.</p> <p>Some of the key results to be realised by 2023:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Within the HiDrive project (implementation and impact analysis of L4 vehicles) a database with so called edge case scenarios will be delivered (scenarios in which L4 vehicles probably lead to dangerous situations). • Demonstration of path planning of automated vehicles that is developed within the project SAFE-UP together with partners TU/e, Bosch, THI Carissima and Audi. • Further development and use of the human factors driving simulator. • Development of automatic driving electric trucks, that drive without a driver to the charging station, charge automatically and then drive back automatically to a central parking lot (MAGPIE project). • The Automotive week in Helmond, which offers an excellent opportunity to disseminate the results from our research to an national and international audience. • A decision support tool supporting the logistic sector to gain insight into what digital platform technology could be incorporated in their business process to add value to their supply chains (PLATO project). • Experiments on the impact of making parts of the logistics system intelligent (using AI) via a self-organizing system (e.g. a Smart Autonomous Airport in the BrightSky project). 	

- A general method and calculation tool to provide insights in the efforts, requirements and benefits of Connected Automated Transport at yards (Living Lab CATALYST2.0:CAT4Yards, EU project MODI);
- A logistics concept (and implications for business models of involved stakeholders) for automated driving and autonomous charging at a logistics yard and last-mile transport to a container terminal (MAGPIE);
- A demonstrator for a platform (based on GAIA-X) for public-private steering of mobility and logistics will be built.
- The Growth Fund project DMI (Dutch Metropolitan Innovations; previously 'DEMS') works on agreements on data sharing in transport/trip chains (e.g. in the context of MaaS and shared mobility concepts), the data architecture needed for this, and the matching of supply and demand which are researched with the help of digital twins.
- Various tests with the Large Scale Micro Simulator, e.g. with use cases concerning Advanced Driver Assistance Systems, added value of Connected Mobility, and Vulnerable Road Users (cyclists). This includes 'smart4sustainable' use cases in which the impact of smart solutions for sustainability goals is investigated.
- In the Growth Fund project DITM, technology paths towards CCAM with SAE automation level 4 in relation to digital road infrastructure will be elaborated, including roles and responsibilities for public and private stakeholders.
- Modelling concepts able to deal with developments such as more working for home and more complex chains of trips (tour-based mode choice).
- Inclusion of 'welfare beyond GDP' ('brede welvaart') dimensions and distribution effects in data analysis and modelling, starting with being able to distinguish specific user groups.
- Development of tools to model multimodal chain journeys (consisting of several modes), including an optimisation method for hub locations, aimed at improving the quality of the living environment in cities and regions.
- Monitoring and evaluation of Living Lab methodology (in MOVE21), derivation of lessons learnt.

Titel	VP Karakterisering en Dynamiek Samenstelling Grondwater (P310)
MTIB Thema	Water
Contactpersonen TNO (DM en VPM)	DM: Tirza van Daalen VMP: Willem Jan Zaadnoordijk
Contactpersoon Regie-voerder	Wilbert van Zeventer (I&W), Roeland Allewijn (RWS); programmaraden TKI Watertechnologie, TKI Deltatechnologie
Programma jaar 2023 - Samenvatting	
<p>De beschikbaarheid van voldoende grondwater van goede kwaliteit is een belangrijke randvoorwaarde voor de Nederlandse samenleving. De grondwaterstand is van groot belang voor bijvoorbeeld natuur, landbouw, bebouwing en infrastructuur en heeft een directe relatie met bodemdaling. De kwaliteit van het grondwater bepaalt in grote mate de waarde van dit natuurlijk kapitaal. Verder is grondwater een efficiënte drager van thermische energie en kan gebruikt worden voor warmte- en koudeopslag in de energietransitie.</p> <p>In dit VP richt TNO Geologische Dienst Nederland (TNO-GDN) zich op informatie rond de processen in de ondergrond die bepalend zijn voor de kwantiteit en kwaliteit van het grondwater. Bedreigingen zijn o.a. veranderingen in het landgebruik, klimaatverandering en intensiever gebruik van de ondergrond. Hierdoor dreigen dalende grondwaterstanden, verzilting en conflicten, bijv. tussen seizoensopslag van warmte en koude (WKO) en drinkwaterwinning. Voor grondwaterkwaliteit spelen de risico's vanaf het oppervlak een rol (uitspoeling gekoppeld aan landbouw en stedelijk gebied) en door activiteiten in de diepere ondergrond (bijvoorbeeld hoge-temperatuuropslag (HTO) en diepe boringen). De energietransitie doet de noodzaak voor energie gerelateerde activiteiten in de ondergrond sterk toenemen. Ook voor het veiligstellen van de zoetwatervoorziening is een grotere rol van de ondergrond voorzien, bijv. in het Deltaplan Zoetwater met het mitigeren van frequentere zoetwatertekorten en de structuurvisie ondergrond (STRONG, noemt strategische grondwaterreserves). Informatie en kennis ten aanzien van de dynamiek en de samenstelling van het grondwater alsook ten aanzien van de opbouw van de ondergrond is noodzakelijk voor het voorspellen van effecten, afwegen van risico's en het toetsen van beleidsbeslissingen.</p> <p>Het doel van dit VP is methoden en informatieproducten te ontwikkelen om de effecten op en risico's voor het grondwater te voorspellen van klimaatverandering, ontwikkelingen in de landbouw, verstedelijking en verduurzaming van de energievoorziening. De kennisontwikkelingsactiviteiten in dit VP leiden tot:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Data-analyse en nieuwe informatieproducten betreffende de ondergrond; • Specifieke advisering van stakeholders aangaande het grondwater; • Bijdrage aan nationale ontwikkelingen, zoals het innovatiecontract Watertechnologie, specifiek met kennis ten aanzien van grondwater en ondergrond; • Bijdrage aan internationale ontwikkelingen, onder andere via de CSA voor een 'European Geological Service' (een programma van de gezamenlijk Geologische Diensten in Europa). <p>Hiertoe wordt samengewerkt met universiteiten, met name de Universiteit Utrecht en Technische Universiteit Delft, onder meer via gezamenlijk onderzoek en begeleiden van stagiaires en studenten die BSc of MSc-thesis onderzoek doen.</p> <p>In 2023 worden de volgende resultaten voorzien:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inzicht in de verbreiding van "nieuwe" stoffen en gassen in grondwater, te publiceren in wetenschappelijke en populaire media; uitbreiden website grondwaterkwaliteitinbeeld.nl; • Overzicht grondwatertemperaturen in Nederland; • Inzicht in de trage langjarige respons van neerslag en verdamping op grondwaterstanden en de consequentie voor trendanalyse en beleidsevaluatie; • Kennisproducten betreffende relatie tussen energie-gerelateerde activiteiten in de ondergrond en grondwater. 	

Titel	VP Future of Work (P204)
MTIB Thema	Gezondheid en Zorg
Contactpersonen TNO (DM en VPM)	Seth van den Bossche
Contactpersoon Regievoerder	Eef Voogd, Anne van Putten (beiden waarnemend, Ministerie van Sociale Zaken & Werkgelegenheid)
Programma jaar 2023 - Samenvatting	
<p>Het onderzoeksprogramma Future of Work maakt deel uit van de Roadmap Prevention & Productivity van de TNO Unit Healthy Living. Het programma richt zich op innovaties voor een gezonde werkomgeving en een toekomstbestendige arbeidsmarkt. Daarmee dragen we bij aan een 'Gezonde samenleving', één van de vier centrale maatschappelijke uitdagingen in de TNO strategie 2022-2025. Tevens versterken we het verdienvermogen van Nederland. Een toekomstbestendige, adaptieve en inclusieve arbeidsmarkt met een hoge kwaliteit van werk zorgt niet alleen voor meer welvaart in brede zin, maar is noodzakelijk om grote maatschappelijke transitie (energie, klimaat, digitalisering, gezondheid etc.) te faciliteren.</p> <p>Het programma kent de volgende kennislijnen:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li data-bbox="145 786 496 815">1. Inclusive organizations <p>Doel van deze kennislijn is om de Nederlandse arbeidsmarkt inclusiever te maken, door het versterken van inclusief ondernemerschap. Beoogde resultaten in 2023 zijn: 1) een verbeterde operationalisatie van inclusiviteit en diversiteit in een verbeterd meetinstrument voor werkgevers, 2) adaptie van laagdrempelige alternatieve vormen van inclusief ondernemen stimuleren bij (niet-)inclusieve ondernemers, 3) het benutten van en het opschalen naar gepersonaliseerde inclusieve technologie en AI (zoals CST en groen-App) ter bevordering van doorstroming naar regulier werk en levenlang leren en ontwikkelen, 4) de ontwikkeling van twee systeeminterventies gericht op arbeidsmobiliteit in samenwerking met diverse partners (Motor in Beweging, Synclusive, economische veerkracht voor vrouwen) en uitbreiding van het netwerk rondom diversiteit en inclusie.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li data-bbox="145 1106 437 1135">2. Labour activation <p>Doel van deze kennislijn is om bij te dragen aan een inclusieve arbeidsmarkt, door versterking en innovatie van de uitvoeringspraktijk. De focus ligt hierbij op een systemische aanpak waarbij de invloed van de organisatorische en bestuurlijke context op Evidence Based Practice (EBP) centraal staat. Beoogde resultaten in 2023 zijn: 1) opbouw kennisbasis over de ontwikkeling van samenwerkingsverbanden tussen stakeholders in het sociale domein (Coalition Building framework) 2) bestedingen van methodisch, evidence based handelen bij de ondersteuning van werkgevers, bij de begeleiding van werkzoekenden naar en in werk, 3) het verkrijgen van inzicht in effectiviteit en re-integratie instrumenten t.b.v. verbetering van het aanbod van trajecten/instrumenten, 4) ontwikkelen van innovatieve methoden om de perspectieven en ervaringen van cliënten op te halen t.b.v. vroegtijdige signalering van onbedoelde beleidseffecten en verbetering van de kwaliteit van de dienstverlening.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li data-bbox="145 1458 507 1487">3. Skills/Life Long Learning <p>Doel van deze kennislijn is om de adaptiviteit van de Nederlandse arbeidsmarkt en Leven Lang Ontwikkelen (upskilling/reskilling) te bevorderen, door de ontwikkeling van skills-gebaseerde strategieën. Beoogde resultaten in 2023 zijn: 1) Analyse van conceptuele benaderingen en opties voor de toekomstige inzet van dataruimte voor skills op Europees niveau (EU DS4Skills), 2) demoversie van een skills-wallet voor een integraal skills paspoort en integratie van kennis over transitiepaden in het platform mijnhouseofskills/De Paskamer, 3) evaluatie learning community in de bouw, inzicht in impact bouw-innovaties op skills en aanpak voor innovatieadoptie, 4) inzicht in regionale skills ecosystemen (wetenschappelijke artikelen), 5) inzicht in skillstrends en -gaps in relatie tot technologie en de energietransitie, 6) operationalisatie model Lerende Innovatieve Organisatie en model Eigen Regie Leven Lang Ontwikkelen en verbinding aan concrete interventies en 7) inzicht in cyclisch innovatieproces in learning communities en impact op re- en upskilling aanpakken en 8) methodiek systeemaanpak arbeidsmarkttransitie.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li data-bbox="145 1890 424 1919">4. Stress & sensing <p>Doel van deze kennislijn is om de werkgerelateerde mentale gezondheidsproblemen te verminderen, door het vergroten van inzicht in oorzakelijke factoren en het ontwikkelen van effectieve interventies. Beoogde resultaten in 2023 zijn onder meer:</p>	

1) Ontwikkeling systeem-dynamische en prognostische modellen t.b.v. de vermindering/ter voorkoming van risico's en de versterking van werknemers (diverse PPS/matching trajecten), 2) ontwikkelen van innovatieve (data gedreven) interventies voor analyseren en verminderen van risico's (diverse PPS/matching trajecten, waaronder een project specifiek gericht op stress en slaap), 3) valideren monitor instrument naar effectiviteit mindfulness interventies in de werkcontext en 4) versterking kennisbasis en modellering mbt de relatie tussen technologische ontwikkelingen en mentale gezondheid.

5. Occupational Exposome

Doel van deze kennislijn is om bijdrage te leveren aan effectieve preventie van werkgerelateerde aandoeningen, in het bijzonder aandoeningen als gevolg van blootstelling aan gevaarlijke stoffen. Hiervoor is van belang inzicht te krijgen in gezondheidseffecten van gecombineerde blootstellingen, in gevoelige groepen en in ziektemechanismen. Beoogde resultaten voor 2023 zijn: 1) Innovatie van blootstellingskarakterisering met als doel betere inzichten in bij wie, wanneer, welke blootstellingen voorkomen (diverse EU-projecten, gericht op sensordata-interpretatie, verbetering blootstellingsmodellen en big-data toepassingen), 2) Innovatie van blootstelling-effect relaties met als doel betere inzichten in effecten van combinaties van blootstellingen, gevoelige perioden en groepen (diverse EU-projecten, onder meer gericht op big data voor mining interne markers, effecten van piekblootstelling op basis van hoogresolutie-data en 3) Innovatie van preventie met als doel bovenstaande kennisinnovaties te vertalen naar daadwerkelijke oplossingen om de blootstelling aan gevaarlijke stoffen op de werkplek te verlagen (oa slimme helm).

6. Occupational Safety Innovation

Doel van deze kennislijn is om het aantal arbeidsongevallen en incidenten bij bedrijven te verminderen door de ontwikkeling van innovatieve digitale veiligheidsmanagement systemen. Hiermee kunnen we gevaren sneller, efficiënter en real time identificeren, verborgen patronen traceren in big data en informatie geven aan gebruikers om (potentieel) gevaarlijke situaties sneller te herkennen en incidenten te voorkomen. Beoogde resultaten voor 2023: 1) doorontwikkeling en implementatie van ontwerpopties voor een integraal Safety Enterprise Architecture/data-platform, waar data vanuit verschillende veiligheidstools bijeen komen ten behoeve van predictive modelling en 2) doorontwikkeling van software voor predictive modelling (met behulp van AI-technologie en IoT) op basis van gecombineerde databronnen.

7. Monitoring & foresighting

Doel van de kennislijn monitoring & foresighting is om ontwikkelingen in de Nederlandse arbeidssituatie via verschillende datastromen te monitoren en structurele verkenningen te doen naar de (potentiële) impact van technologische en maatschappelijke veranderingen op werk en de arbeidsmarkt in brede zin. Beoogde resultaten voor 2023 zijn: 1) continuering en toekomstbestendig houden van de bestaande data-infrastructuur, 2) innoveren van monitoringconcepten en ontwikkeling van methoden en aanpakken voor foresight, 'early warning' en aansluiting op strategie en beleidsontwikkeling, 3) disseminatie, pilots en het integreren van monitoring & foresight.

8. Hybride werken

Doel van de kennislijn hybride werken is om in kaart te brengen hoe hybride werken impact heeft op de maatschappij. Beoogde resultaten voor 2023 zijn het ontwikkelen van een 'gouden standaard voor hybride werken' voor organisaties waarbij rekening wordt gehouden met economische en maatschappelijke uitdagingen en de samenstelling van de beroepsbevolking. Daarbij wordt gekeken naar de technologische en sociale innovaties die belemmeringen wegnemen en kansen versterken ter stimulering van het hybride werken.

De hoofdlijnen van het programma zijn in samenspraak met regievoerder SZW tot stand gekomen, mede op basis van raadpleging diverse externe strategische agenda's. Vanuit het ministerie van SZW en de Inspectie SZW is tevens matching voorzien in de vorm diverse programmasubsidies (Maatschappelijk Programma Arbeidsomstandigheden MAPA, Kennisprogramma Inspectie SZW KIS).

Tot slot zal vanuit het programma opnieuw directe aansluiting gezocht worden bij het Early Research Programme AI, met nader te bepalen use-cases.

Titel	VP Jeugd: Gezond, Veilig en Kansrijk opgroeien (P211)
MTIB Thema	Gezondheid en Zorg
Contactpersonen TNO (DM en VPM)	Simone Detmar
Contactpersoon Regie-voerder	Kallista de Graaf (VWS), Liliane de Rooter-Nanninga (VWS)
Programma jaar 2023 - Samenvatting	
<p>Het programma Jeugd: Gezond, Veilig en Kansrijk opgroeien richt zich op kinderen en jongeren vanaf preconceptieperiode tot jong volwassene met als doel dat ieder kind zo goed mogelijk kan participeren in de maatschappij. Specifieke aandacht gaat uit naar het bereiken van kwetsbare gezinnen, in lijn met de missie van VWS, zoals verwoord in de kamerbrief van 27 april 2019 https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2019/04/26/kamerbrief-over-missiegedreven-topsectoren-en-innovatiebeleid : “In 2040 leven alle Nederlanders tenminste vijf jaar langer in goede gezondheid, en zijn de gezondheidsverschillen tussen de laagste en hoogste sociaal-economische groepen met 30% afgenomen”</p> <p>We ontwikkelen kennis en innovaties via de volgende lijnen:</p> <p>Integrale aanpak eerste 1000 dagen: De eerste 1000 dagen, van preconceptie tot minimaal 2 jaar, zijn cruciaal voor de ontwikkeling van het kind, en daarmee voor een gezonde en kansrijke toekomst. Wij richten ons op het ondersteunen van (aanstaande) ouders, met een focus op ouders met lage gezondheidsvaardigheden, door doorontwikkeling van preventie en zorgmodellen waarbij zelfmanagement, interactief leren en peer support centraal staan (bijvoorbeeld het Centering zorgmodel tijdens de 1e 1000 dagen, en de verbinding van Centering met het sociale domein). In 2023 wordt ingezet op een geïntegreerde aanpak en overgang van Centering tijdens de zwangerschap naar Centering in de JGZ, en op de verbeterde toepasbaarheid van het Centering model voor vluchtelingen. Tevens zetten we in op landelijke implementatie van het preconceptieprogramma Nietofwelzwanger.</p> <p>Daarnaast richten we ons op de doorontwikkeling van de D-score, (een nieuwe maat om ontwikkeling van kinderen te kunnen monitoren). In 2023 ambiëren we mbv een (internationaal) consortium de D-score uit te breiden naar 6 jarige leeftijd.</p> <p>Preventie en Jeugdhulp op maat: Hier richten we ons op het ondersteunen en versterken van kinderen en ouders en professionals in het (preventieve) veld voor jeugd. We richten ons op hoe om te gaan met uitdagingen en ingrijpende levensgebeurtenissen en op de persoon toegesneden instrumenten en interventies tbv een gezonde leefstijl en mentale weerbaarheid. In 2021 zijn tools voor werkzame elementen bij interventies voor het vergroten van weerbaarheid beschikbaar gekomen. In 2022 is een eerste verkenning gedaan worden om interventies te koppelen aan deze werkzame elementen. In de komende drie jaar zal onder ander bij leerlingen in het voortgezet onderwijs worden onderzocht welke elementen werkzaam zijn in het verminderen van stress. Afgelopen jaar is de beslisondersteuning voor de corona vaccinatie ontwikkeld en landelijk verspreid. Momenteel wordt onderzocht of dit verder kan worden geïntegreerd in de context van andere corona gerelateerde vraagstukken, in samenwerking met VWS.</p> <p>Binnen deze lijn richten we ons ook op het integreren van digitale innovaties voor de zorg voor jeugd middels het doorontwikkelen van het I-JGZ platform. In 2023 zal verder worden ingezet op modulaire inzet van digitale innovaties zodat alle JGZ-organisaties onafhankelijk van hun ICT-systeem (o.a. digitaal dossier), gebruik kunnen maken van slimme data-gedreven digitale innovaties, ontwikkeld door TNO (bijv. JAMES, Slimme richtlijnmodule). Momenteel maken middels deze modulaire opzet 25 JGZ-organisaties gebruik van deze digitale innovaties.</p> <p>Samenwerking en implementatie: Met kennis van samenwerkings- en implementatievraagstukken richten we ons op het ondersteunen van organisaties om de transitie en transformatie van het jeugdstelsel goed vorm te geven. Op het gebied van scheiding en pesten werken we aan het landelijk implementeren van effectieve interventies. Onze focus ligt op het opzetten van duurzame leernetwerken en ontwikkelen van strategieën om innovaties te implementeren. In 2022 is het framework mbt duurzame leernetwerken ontwikkeld en is een publicatie geschreven. In 2023 zullen we deze inzetten voor gebruik in meerdere netwerken. In 2022 vond de afronding van uitvoeringsprogramma Scheiden zonder schade plaats. TNO zal in 2023 en 24 de werkzaamheid van de uit het programma voortgekomen aanpak van conflictscheiding evalueren en een leernetwerk trekken gericht op het samenwerken, leren en innoveren rondom dit thema.</p>	

Titel	VP Biomedical Health (P203)
MTIB Thema	Gezondheid en Zorg
Contactpersonen TNO (DM en VPM)	Sandra Eikhout (DM), Ivana Bobeldijk (VPM)
Contactpersoon Regie-voerder	LSH: Nico van Meeteren
Programma jaar 2023 - Samenvatting	
<p>VP Biomedical Health (BMH) supports the Mission driven Innovation approach of the Dutch Ministry of Health, Wellbeing and Sports ('VWS'), Topsector Life Sciences & Health ('LSH') and the central mission aiming for all Dutch citizens to live five years longer in good health and decreasing the health inequalities between the lowest and highest socioeconomic groups by 30% (+5; -30). More specifically we will mainly contribute to: reducing the burden of disease resulting from an unhealthy lifestyle or living environment (Mission I), and we will also help to increase societal participation of chronically ill individuals (Mission III). We do this by reducing the risk for disease development, and help manage disease by contributing with ground-breaking technologies and approaches to more efficient drug and lifestyle intervention development.</p>	
<p>Research program Biomedical Health will contribute to two moonshots of TNO:</p>	
 <p>Medicijnen 2 jaar sneller ontwikkeld</p> <p>Om de kwaliteit van leven te verhogen, levens te verlengen en zorgkosten te verlagen, moeten nieuwe medicijnen sneller en goedkoper beschikbaar worden. Wij helpen het ontwikkelproces van geneesmiddelen nog dit decennium met twee jaar te versnellen. TNO en haar partners brengen dat doel dichterbij met de microtracer technologie en verdere procesinnovaties. Zo dragen we samen bij aan het leven van morgen.</p>	 <p>Leefstijl gerelateerde ziektes gehalveerd</p> <p>Om langer in goede gezondheid te leven, is een gezonde leefstijl vaak het beste medicijn. Wij helpen om het aantal mensen met leefstijl gerelateerde ziektes, zoals diabetes of obesitas, binnen tien jaar te halveren. TNO en haar partners maken dat mogelijk met gepersonaliseerde interventies, hulp bij gedragsverandering en adviezen voor beleid. We werken samen voor het leven van nu.</p>
<p>To help achieve these, new technologies and knowledge that we develop will be implemented in the context of the quadruple helix that includes collaborations with other research programs, academic and industrial partners, health professionals in field labs, healthcare insurance companies, governmental and local policy makers, citizens, in order to provide systemic solutions. The instruments are public private projects and projects for industry. For drug development, breakthrough technology is developed by TNO and applied in services for industry and in public-private consortia (e.g. in growth fund ('Groeifonds') projects).</p>	
<p>By 2026 we want to have achieved the following:</p>	
<p>Support reducing societal and economic burden of diseases by developing preventive and curative interventions:</p>	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Demonstrate metabolic and immune health improvement through (combination of) personalized dietary, lifestyle or medication support in stratified groups of patients; right drug and intervention for the right patient (CM, M1 and M3). 2. Prove that tailored interventions contribute to vitality, societal participation and productivity of citizens, improving the quality of health care and cost management (CM, M3). 3. Develop tailored and personalized interventions for and with at risk individuals (incl. lower SES), understanding their socio-demographic context, thus being more effective in improving a healthy lifestyle than with current, rather generalized interventions (CM, M1). 	
<p>Enable lower attrition rates and more efficient development of innovative drugs that will lead to lower pricing:</p>	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Demonstrate in practice that current pre-clinical trajectories can be improved (reducing costs, time and animal use) when new approaches and technologies are employed (M3). 2. Demonstrate that smaller clinical trials for a novel therapy can be achieved by targeting the right patient population through novel tools for stratification (M3). 	

3. Demonstrate that a lower cost prize of innovative medicine is possible by applying the right technology and integrated discussions with pharmaceutical industry and public stakeholders (CM).

To progress towards these above goals, in 2023 we will:

- Actively participate in national Groeifonds consortia OncodePact and NXTGen HighTech Organ-on a chip to improve drug development technologies **(CM, M3)**.
- Evaluate and test different strategies to improve metabolic and immune health in at risk groups, **(CM, M1, M3)**.
- Develop new biomarkers and new targets for systems interventions for prevention of dementia **(CM, M1, M3, M4)**.
- Validate new blood biomarkers for less invasive and more accurate diagnosis of different stages of liver fibrosis **(M3)**
- Provide a demonstrator of a combined in-vitro and in-silico method for mechanism-based drug target selection for fibrosis, a better and faster choice in drug development **(M3)**.
- Further develop human based newly developed pre-clinical models for testing of drugs for chronic diseases sarcopenia, diabetic nephropathy, and anti-fungal infections **(M3)**
- Demonstrate pathway probing with advanced microtracer techniques, measure fluxes as an indicator of drug efficacy **(M3)**.

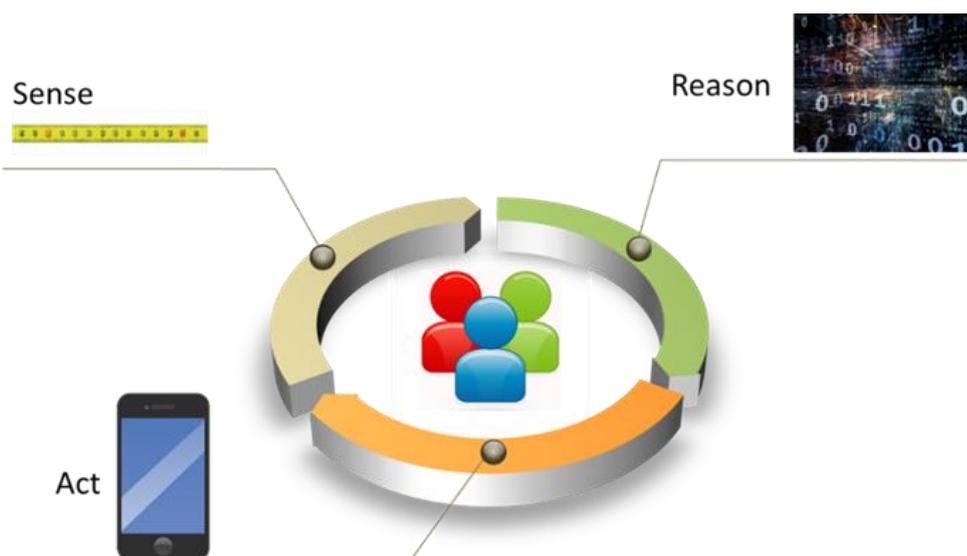
CM: central mission, Everyone linger in good health; **M1:** mission 1, Lifestyle and living environment; **M3:** Mission 3, Chronically ill; **M4:** quality of life with Dementia

Titel	VP Digital Health Technologies (P210)
MTIB Thema	Gezondheid en Zorg
Contactpersonen TNO (DM en VPM)	Sandra Eikhout (DM), Jildau Bouwman (VPM)
Contactpersoon Regie-voerder	Nico van Meeteren (LSH)

Programma jaar 2023 - Samenvatting

The world around us is digitalizing also in health care, although in a slower pace compared to other disciplines/areas. Individuals gather masses of health data using apps that record their pulse rate, daily activity, diet, etc, but also gain access to their medical data. It is not only members of the public who are interested in this data, it is also valuable to scientists and the common good. Such Real World Evidence data combined with standardized health data have the ability to create/improve models and software applications that provide personalized health and medical advice. Based on these models personalized health advice tools can assist both patients and healthy individuals, by offering guidance about their health and lifestyle and prevent, reverse, cure or relieve disease/progression of disease. Thereby, these models and applications can enable a more efficient healthcare. This program supports the Mission driven Innovation approach of Topsector Life Sciences & Health ('LSH') and the Dutch Ministry of Health, Wellbeing and Sports ('VWS') – the central mission *aiming for Dutch citizens living 5 year longer in good health and reducing the health differences between the higher and lower social classes*. More specifically we will contribute to: *reducing health issues that are a consequence of unhealthy lifestyle or exposure to unhealthy environment (Mission I)*, and we will also *help to prevent chronic diseases and increase the proportion of people with a chronic illness or lifelong disability who can participate in society as desired (Mission III)*.

The research program Digital Health Technologies ("DHT") brings together new bio-medical, lifestyle change and behavior knowledge and data. For this AI and data science is used, resulting in digital services and solutions. In this program we work together with partners outside TNO (including several SMEs). We focus on secure, privacy-by-design and transparent (to the eco-system) systems for data re-use. As part of these systems, personal advice systems are embedded that include predictive models and connects to new wearables solutions. As the whole system is directly connected to individuals by design, citizens can also specify their needs and preferences (patient centered health). The technology developed in this program is relevant for MedTech, HealthTech, Pharma and ICT companies.



Below, specific deliverables are listed, which are planned for 2023. The topics have been chosen to meet the needs of the society (Mission driven Innovations) and industrial needs (e.g. key technologies such as AI and ICT). They will be achieved either in internal TNO projects or in one of the PPP projects described below. CM indicates Central Mission, M1, M2 or M3 indicate Mission1 or Mission 3 respectively and key technologies AI, biotechnology and ICT (secure datasharing). Underneath a selection of specific deliverables and milestones.

- In 2023 the PPP Heart Prevention with f.i. LUMC and ADI (start Q1 2023) and/or Inflammation Digital Biomarkers with e.g. Trilinear Bioventures will start in Q1 2023 **(CM, M1, biotechnology)**
- A fitting study design for JiTAI studies will be developed **(CM, M1, biotechnology)**
- Workshops will be executed with KOL's to explore of implementation ecosystems around IBD and COPD **(CM, M1, biotechnology)**
- Develop PPS around digital biomarker for IBD or COPD to detect exacerbations **(CM, M3, biotechnology)**
- Demonstrate and validate core body temperature sensor (heat-flux) in IBD or COPD population to support digital biomarker to detect exacerbations **(CM, M3, biotechnology)**
- Business proposition MDR software (digital biomarkers algorithms) as a medical device **(CM, M1, biotechnology)**
- The project EFRO Nell will deliver a practical implementation Playbook **(CM, M1 and 3 and ELSI)**
- The PPP C4youseself will deliver a proof-of-concept to show that it is technical feasible to reuse data via a PGO and will develop a consent solution to give full control to the individual **(CM, M1, M2 and 3, ICT and ELSI)**
- Paper on 'Towards autonomous and explainable AI models for personalized mHealth apps' **(CM, M1, M2 and 3, and ICT)**
- Input on the groeifonds proposals Edison-RPM and Prevention promotor **(CM, M1, M2 and 3, ICT and ELSI)**
- Input on the threshold removal process of Health-RI and a the development of a prevention data strategy for Health-RI **(CM, M1, M2 and 3, ICT and ELSI)**
- Development of the Hybrid intelligence in practice (HIP) proposition in type 2 diabetes with APPLAI: the APPLAI project concentrates on the training of the model by the use and the DHT part focusses on the hybrid AI development (using data and knowledge) **(CM, M1, M2, M3 and AI)**
- Development of the compliance modeling proposition using telephone meta data **(CM, M1, M2, M3 and AI)**
- Paper on bias consideration in type 2 diabetes **(CM, M3 and AI)**
- Chronobiology module developed for personal health advise that considers our biological clock **(CM, M1 and biotechnology)**
- Stress-Lifestyle module implemented in our Personal Health Advise System **(CM, M1 and biotechnology)**
- Technical tested prototype of the online personalised Advice System for 3D produced in-between meal (PPS IMAGINE) **(CM, M1 and biotechnology)**
- First Digital Health Trial running as part of PPP (TKI-ENGAGE) has started and in the coming year the first Digital Health Trial will run as part of PPP **(CM, M2 and biotechnology)**
- The Radarbase platform The Hyve will be tested as basis to perform for remote health trials **(CM, M2 and biotechnology)**

Titel	VP Human Health RM Nano (P511)
MTIB Thema	Gezondheid en Zorg
Contactpersonen TNO (DM en VPM)	Sander Eikhout (DM), Wouter Fransman (VPM)
Contactpersoon Regie-voerder	HTSM: Ronny van 't Oever (Micronit), Nico van Meeteren (Topsector LSH)
Programma jaar 2023 - Samenvatting	
<p>As one of the Key Enabling Technologies, nanotechnology has emerged in a broad area of industries and applications. The lack of timely alignment between material innovation and human health has formed a crucial hurdle to appropriately govern the risks of nanotechnology. This VP Human Health Risks Nano aims to: 1) assist in the safe-by-design of nanomaterials and other advanced chemicals and materials, 2) to develop reliable tools, guidance and training for proper risk assessment, risk management and communication of these risks during and after product innovation and 3) to assist industry in their decision making during product innovation. TNO develops knowledge to assist industries in taking into account the safety of their (nano)product during the innovation of new materials and products. TNO invests in this VP Human Health Nano in the development of innovative tools, guidance and training to support safe-by-design, safe innovation and risk governance for innovative SME, sector organizations and industry in the absence of clear guidance and regulations.</p> <p>The activities of VP Human Health Nano in 2023 consist of collaborative work in various H2020 EU projects (Gov4Nano, SbD4Nano, PeroCUBE, HARMLESS, RISKHUNT3R) and will result in the development of various innovative risk assessment models into a decision support platform and toolbox containing: LICARA nanoSCAN, Guidenano Tool, SUN Decision Support System, caLIBRAte system-of-systems, NanoSafer, Stoffenmanager Nano, NanoRiskQuantifier and the Future nano Needs Bayesian belief network. Further results in 2023 are the development of Safe-by-Design (SbD) and Safe Innovation principles / methodology and connection to the regulatory process as well as support to the NWO project on Safe-by-Design. For future and emerging substances and materials (such as nanomaterials), clear communication about the state of the art of the knowledge, concepts about risk perception, and transparency about dealing with uncertainties, is of utmost importance. These help to influence the risk perception of the public regarding nanomaterials, increase their market value and help companies in anticipating potentially conservative regulations. TNO's work in 2023 will result in clear conclusions and communication on chemical/(nano)material health risks for the commercial success of chemical innovative research and implementation in Europe.</p>	

Titel	VP Sociale Innovatie (P207)
MTIB Thema	Gezondheid en Zorg
Contactpersonen TNO (DM en VPM)	Sandra Eikhout (DM), Steven Dhondt (VPM), Tim Bosch
Contactpersoon Regie-voerder	Joren J. Schep (Ministry of Economic Affairs)
Programma jaar 2023 - Samenvatting	
<i>Wat zijn de doelstellingen voor de komende drie jaar (t/m 2026) op hoofdlijnen?</i>	
<p>Smart Working is een deelprogramma van de Roadmappen Prevention, Work & Health, en Smart Industry (Industrial Innovation). Het richt zich op het creëren van omgevingen in de industrie die een hogere productiviteit mogelijk maken. Om dit doel te bereiken levert Smart Working verbeteringen op om het werk fysiek minder belastend te maken, om operators te ondersteunen bij hun cognitieve taken en om werkomgevingen te creëren die motiverend en stimulerend zijn. In de Europese terminologie heet dit Industry 5.0. Beter presterende operators zijn cruciaal om kritische processen in bedrijven te ondersteunen. In het programma worden robotica en digitale technologieën ingezet op de werkplek. De afzonderlijke projecten zijn gericht op exoskeletten, cobotica, cognitieve ondersteuningssystemen, slimme prikkels en digitale informatie in werksituaties. Het hoofdidee is dat de operators een maximale autonomie moeten hebben om deze tools te gebruiken in hun werksetting. Meer autonomie is een voorwaarde voor het genereren van de vereiste kennis en vaardigheden om met de noodzakelijke veranderingen om te gaan. Daarom creëren de projecten oplossingen die rekening houden met de fysieke en psychosociale eisen van de operators op de werkplek (ondersteuning met exoskeletten; augmented reality begeleiding voor operators; modellen om systemen aan te passen) en op organisatieniveau (workplace innovation). Wetenschappelijk verbindt het programma verschillende sociaal-wetenschappelijke en technische perspectieven om operators in de kennisintensieve omgevingen te ondersteunen. Het levert hulpmiddelen voor het beoordelen van de effecten van technologische veranderingen en omvat het ontwerpen van werkomgevingen en organisatorische ontwerpen. Voor het succes van het programma moeten de disciplines Human Factors, informatietechnologie, organisatiewetenschappen en technische wetenschappen samen aan oplossingen werken. Naast een nieuwe set projecten is er geïnvesteerd in drie Fieldlab-omgevingen (RoboHouse (SMITZH), BIC Flexible Manufacturing en Sharehouse) met mogelijkheden voor het ontwikkelen, demonstreren en testen van operator-ondersteunende systemen, exoskeletten en hybride cobot werkplekken.</p>	
<i>Welke resultaten zijn voor 2023 beoogd?</i>	
<ul style="list-style-type: none"> • Operator Support (OS) Technologie: benutten van hybride AI technologie om informatie voorziening in de werkplek adaptief te maken en daarmee informatieniveaus aan te kunnen passen op behoeften, skills en prestatie van medewerkers; benutten van AI technologie om engineers te ondersteunen bij het semi-automatisch genereren van werkinstructies. • Mens-Robot Samenwerking: benutten van technologie (AI, sensoren, AR visualisatie) en kennis op het gebied van job quality om de interactie tussen mens en robot intuïtief en effectief te maken. • Exoskeletten: benutten van kennis van op gebied van sensing, control en human body impact om de toepasbaarheid en effectiviteit van exoskeletten te verbeteren.; benutten van technologie (sensoren, AI) om de adaptiviteit van exoskeletten te vergroten; vaststellen van acceptatie en middel- en lange termijn gezondheidseffecten van exoskeletten • Inclusieve organisatiecontexten voor Industrie 5.0 opbouwen: een Europees Platform voor Industrie 5.0 opzetten en de Nederlandse scholingsinitiatieven binnen Smart Industry en Logistics daaraan verbinden; de Learning Factory en Teaching Factory concepten onderbouwen met digitale technologie. • Raamwerk Innovatieprogramma opgesteld met Intospace (Anneke Goudswaard): een breed innovatieprogramma rondom het Logistieke landschap van de toekomst in samenwerking met Intospace. Dit programma biedt ook kansen voor vraagstukken op het terrein van Arbeid (een van de pijlers). 	

Titel	VP Veilige Maatschappij (P102)
MTIB Thema	Veiligheid
Contactpersonen TNO (DM en VPM)	DM: drs. R. Pellemans, MSc VPM: dr. T.W.J. van Ruijven
Contactpersoon Regie-voerder	Mr. H. Hanoeman en drs. B. ter Luun (Ministerie van Justitie en Veiligheid)
Programma jaar 2023 - Samenvatting	
<p>Veiligheid en rechtvaardigheid zijn een voorwaarde voor welzijn en economische ontwikkeling. Veiligheid is niet vanzelfsprekend. De kansen en bedreigingen voor recht en veiligheid zijn divers en veranderen voortdurend. De snelheid van ontwikkelingen is dusdanig dat het justitie- en veiligheidsdomein in hoog tempo moet innoveren om de dreigingen het hoofd te kunnen bieden en om kansen te benutten om Nederland veilig en rechtvaardig te houden.</p> <p>Veiligheid is één van de vijf centrale maatschappelijke thema's binnen het missiegedreven topsectoren en innovatiebeleid van het kabinet. Een veilige samenleving is ook één van de vier beloften uit de TNO-strategie 2022 – 2025.</p> <p>TNO draagt bij aan een veilige samenleving door met het Vraaggestuurd Programma Veilige Maatschappij (VPVM) relevante nieuwe kennis, technologie en sociale innovaties te ontwikkelen en deze te vertalen naar innovatieve toepassingen voor de praktijk. TNO zet middels het VPVM in op een meerjarige onderzoeksprogrammering voor justitie- en veiligheidsorganisaties. Het doel van deze meerjarige programmering is innoveren door toepassingsgerichte wetenschappelijke kennis op te bouwen en technologie te ontwikkelen op die onderwerpen die voor het justitie- en veiligheidsdomein het belangrijkste zijn.</p> <p>In de periode 2023 – 2026 wordt onderzoek uitgevoerd op vijf inhoudelijke thema's en een programma rond verkenningen en innovatiemanagement:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cyber en Kritieke Digitale Infrastructuur 2. Rechtstaat en Opsporing 3. Data en Intelligence 4. Security en Surveillance 5. Weerbaarheid Veiligheidsprofessionals 6. Verkenningen en Innovatiemanagement <p>Hieronder volgt een korte samenvatting van het onderzoek per thema.</p> <p>Cyber en Kritieke Digitale Infrastructuur: het onderzoek in dit thema is gericht op innovaties rondom cyber weerbaarheid, het versterken van missiekritische informatie- en communicatiesystemen en interceptie. Het onderzoek wordt uitgevoerd met het Nationaal Cyber Security Centrum (NCSC) en andere onderdelen van het Ministerie van Justitie en Veiligheid.</p> <p>Rechtstaat en Opsporing: binnen dit thema wordt voornamelijk onderzoek gedaan naar de toepassing van AI, data en sensingtechnologie voor het versterken van organisaties in de strafrechtketen en onderzoek naar criminele fenomenen en gedrag voor de aanpak van ondermijnende criminaliteit. Het onderzoek vindt plaats in samenwerkingen met o.a. DJI, het OM en de Regionale Informatie en Expertise Centra (RIEC's).</p> <p>Data en Intelligence: onderzoek binnen het thema Data en Intelligence is gericht op het (door)ontwikkelen van methodes uit de Artificial Intelligence (AI) zoals taaltechnologie, en Privacy Enhancing Technologies (PET) om deze geschikt voor toepassing binnen het justitie- en veiligheidsdomein te maken. Het toepassen van deze nieuwe en reeds beschikbare technologie vindt plaats in samenwerking met het OM, de DJI, en verschillende organisaties in de crisisbeheersing die worden gecoördineerd door het ministerie van Justitie en Veiligheid.</p> <p>Security en Surveillance: robotica technologie wordt doorontwikkeld binnen het thema Security en Surveillance om nieuwe mogelijkheden en innovaties voor het justitie- en veiligheidsdomein te creëren. Daarnaast vindt toegepast onderzoek plaats met de Koninklijke Marechaussee, gericht op het verbeteren van opsporing en grenstoezicht. Tevens wordt binnen verschillende Europese onderzoeksprojecten onderzocht hoe terrorisme en radicalisering kunnen worden tegengegaan.</p>	

Weerbaarheid Veiligheidsprofessionals: het onderzoek binnen het thema weerbaarheid veiligheidsprofessionals is gericht op sociale innovaties en op de ontwikkeling van immersieve leertechnologie (Augmented Reality en Virtual Reality) om veiligheidsprofessionals sneller en beter te laten leren en trainen. Daarnaast wordt onderzoek gedaan naar professionele fitheid samen met DJI.

Verkenningen en innovatiemanagement: binnen de verkenningen worden nieuwe technologieën met een potentieel grote impact op het justitie- en veiligheidsdomein verkend. Daarnaast wordt samen met DJI en het OM onderzoek gedaan naar het versterken van het innovatievermogen van organisaties.

De belangrijkste wijzigingen ten opzichte van het meerjarenplan 2022-2025 is het afronden en overdragen van uitkomsten uit het onderzoek rond synthetische drugsproductie (Forensic Intelligence Syndru), telepresence (Avatar xPrize) en de Privacy Coin Monitor. Nieuw onderzoek wordt gestart voor het verbeteren van de migratieketens, covert channel attacks en publiek-private samenwerking.

Titel	VP Kennisopbouw Politie (P106)
MTIB Thema	Veiligheid
Contactpersonen TNO (DM en VPM)	Tjarda Krabbendam (VPM)
Contactpersoon Regie-voerder	Drs. S.C. Hamelink
Programma jaar 2023 - Samenvatting	
<p>Veiligheid is een essentiële voorwaarde voor het welzijn van de samenleving. Maatschappelijke en technologische ontwikkelingen zorgen voor een continu veranderende omgeving waarbinnen de politie als grootste veiligheidsorganisatie opereert om de veiligheid van de Nederlandse samenleving te beschermen en te versterken. Om in deze dynamische omgeving effectief te blijven, is het van groot belang dat de politie (digitaal) fit en innovatief is.</p> <p>Het Vraaggestuurd Programma (VP) Kennisopbouw Politie (KOP) heeft als doel om de politie te versterken in haar vermogen om de veiligheid in Nederland te waarborgen. Door kennis op te bouwen over relevante trends en ontwikkelingen kan de politie proactief gebruik maken van de nieuwste inzichten en (technologische) mogelijkheden. Het VP KOP sluit aan op het maatschappelijk thema Veiligheid uit het missiegedreven topsectoren- en innovatiebeleid.</p> <p>Voor de politie is het om verschillende redenen van belang om in te spelen op technologische ontwikkelingen. Enerzijds moet de politie rekening houden met de impact van technologie op de maatschappij en de wijze waarop burgers, criminelen of terroristen gebruik maken van technologie. Anderzijds biedt technologie ook kansen om het politiewerk of de organisatie te verbeteren, versnellen of vergemakkelijken. Het is van groot belang voor de politie om goed voorbereid te zijn op deze ontwikkelingen.</p> <p>Op basis van de prioriteitsgebieden uit de Strategische agenda politie 2021-2025, de science & technology agenda van de politie en voortbouwend op de kennis en ervaringen uit de eerdere kennisopbouw programmering richt de programmering zich op vier kernprogramma's en een doorsnijdend technologie ontwikkelprogramma. Hierbij werken politie en TNO eveneens samen met (inter)nationale partners zoals veiligheidsorganisaties en kennisinstellingen.</p> <p>Kernprogramma's:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Politiewerk van de toekomst: hoe gaat als gevolg van maatschappelijke en technologische ontwikkelingen de omgeving waarin de politie haar taken uit moet voeren veranderen? Hoe ziet de criminele business(modellen) van de toekomst eruit en hoe kan de politie daarop effectieve wijze - zowel in het fysieke als ook digitale domein – tijdig op interveniëren én met haar partners de gezamenlijke slagkracht vergroten? • Politiedata en intelligence: hoe kan de politie veilig en snel informatie uitwisselen in ad-hoc coalities, nog beter informatiegestuurd werken door de kwaliteit en betrouwbaarheid van data te verhogen en de zwakke signalen uit data gebruiken om te anticiperen op opkomende fenomenen en crimineel gedrag? • Techniek in de operatie: welke nieuwe methoden, technieken en toepassingen kunnen de capaciteit van de huidige politieoperatie verhogen? Hoe kan de politie méér, beter en eerder detecteren en observeren óók onder uitdagende omstandigheden? Zowel in het fysieke als ook digitale domein. Hoe haalt de politie meer waarde uit bestaande en nieuwe databronnen? • Technologie ontwikkel programma: wat betekenen specifieke technologische ontwikkelingen voor het werk van de politie? Hoe moet de technologie worden ontwikkeld om effectief en efficiënt toepasbaar te zijn bij de politie? <p>Binnen bovenstaande programmaliijnen wordt kennis opgebouwd hoe technologieën kunnen worden ingezet om de operationele slagkracht van de politie te vergroten. Hiertoe wordt zowel onderzoek gedaan naar de uitdagingen waar de politie nu tegen aan loopt als naar de uitdagingen van overmorgen wanneer criminele organisaties compleet nieuwe manieren van werken hebben geadopteerd. Centraal binnen het hele programma staat een multidisciplinaire aanpak waarbij mens, proces en techniek als integraal geheel worden benaderd.</p>	

De opgebouwde kennis wordt geoperationaliseerd in de vorm van handelingsperspectieven, use cases, methoden en prototype technieken. Dit stelt de politie in staat om de opgebouwde kennis direct te benutten én gericht te investeren in de verdere ontwikkeling en ingebruikname.

Titel	VP Cyber Risk Management and System Resilience (P103)
MTIB Thema	Veiligheid
Contactpersonen TNO (DM en VPM)	Ir. A.J.A. Vetjens, Director Market ICT; Ir.S. Wiarda, VP manager CRM&SR
Contactpersoon Regie-voerder	L. Roffel (HTSM/Security)
Programma jaar 2023 - Samenvatting	
<p>The goal of the <i>Vraaggestuurd Programma</i> (VP) Cyber Risk Management and System Resilience (CRM&SR) is ‘to make the Netherlands digitally more secure and resilient while, at the same time, to monetize the economic opportunities that cybersecurity brings’. A focussed and effective approach with respect to cybersecurity and post quantum cryptography is crucial to safeguard the reliability and confidentiality of data and ICT networks and systems. Our main stakeholders recognize that co-operation is crucial to deliver successful technological and process innovation in the area of cybersecurity. We initiate, stimulate and orchestrate cooperation in research on cybersecurity and post quantum cryptography. Based on the insights and feedback from customers and stakeholders we adapt and tune our cybersecurity and post quantum cryptography research activities.</p> <p>This approach resulted in two new focus areas in our cybersecurity research activities for 2023 and beyond: supply chain security and the security of operational technology (OT). These are relatively new topics of high importance as last year the valuable high-tech industry in the Netherlands experienced some major incidents that resulted in severe outages and reputation damages.</p> <p>In the field of automation of cybersecurity and the monitoring and detection of cyber-attacks we will work on the infrastructural modelling capabilities, the mapping of the impact of a cyber-attack to the business and the development of new methods to detect advanced cyber-attacks. Next to the office IT/SOC environments we will also develop tools, methods and technology to detect cyber-attacks in operational technology (OT) and industrial control systems (ICS) using both network and sensor data.</p> <p>It has become evident that quantum computing will create new threats and opportunities in the years to come. In 2023 we will develop innovative quantum safe technologies to counter the threat to the currently used cryptographic protocols. The solution that we will develop enables new quantum communication technology to be integrated smoothly in the current digital infrastructure. We will also develop a first proof-of-concept of the quantum-safe Public Key Infrastructure (PKI) and we will provide new insights on the governance of a quantum-safe PKI. With the TU Eindhoven and industrial partners we will initiate in 2023 the Dutch Fieldlab Quantum Cryptography Solutions for Safe Society. We will continue to work and build on the knowledge and the technologies that will help the Dutch industry to migrate safely to a world where quantum computing will play an increasing role.</p> <p>VP CRM&SR connects to the challenges and topics that have been formulated in the Dutch Digitalization strategy, the Dutch Cybersecurity Agenda (NCSA) and the Mission Cybersecurity of the Knowledge and Investment Agenda (KIA) theme Security as well as with the theme Key Enabling Technologies. In 2023 we will continue our collaboration with dcypher and QuTech. TNO is also actively involved in the Breed Gedragen Programma (BGP) Cybersecurity, that was started in 2022 and which aims at improving cybersecurity across the Dutch Topsectors. In international context TNO participates in the relevant EU working groups, taskforces and events. The development and execution of the knowledge program VP CRM&SR happens in close co-operation with VP <i>Veilige Maatschappij</i> (VM), VP ICT, the program line Cyber Security and TNO research programs with businesses, the departments of Security and Justice, Defence and with the Police.</p>	

Titel	VP Radar and Sensor Systems (P104)
MTIB Thema	Veiligheid,
Contactpersonen TNO (DM en VPM)	Director Market ISS: K. Agovic VP Manager: F.L.M. van den Bogaart
Contactpersoon Regievoerder	A. Venema – Ministry of Defence HDB KTZ J. Bleijs – Ministry of Defence DMO/AMS KLTZ ir. T. van Heusden – Ministry of Defence DMO/AMS/ Bureau Technologie Integratie B.A.H.M.J. Lussenberg – Ministry of Justice and Security BD/Innovatieteam KLTZ P. Blank, Ministry of Defence CZSK LKol. M. Hädicke, Ministry of Defence CLAS (RAS-unit) LKol. Bernard Buijs – Ministry of Defence / CLSK / Space Security Center Maj. Petra Wijnja – Ministry of Defence / CLSK / Space Security Center Charlotte Rugers – Ministry of Defence / DMO / JIVC / KIXSMaj. <i>KIA Veiligheid:</i> Mission Space: U. Termote – Airbus Mission Maritime High Tech: M. Krikke – TKI Maritiem
Programma jaar 2023 - Samenvatting	
<p>Observe without being seen. Be able to exert force and deploy weapons based on a correct situational awareness. Get situational awareness faster and increase quality and accuracy of (networked) sensor information. Guarantee access to tomorrow's sensors and sensor information and optimize its manning.</p> <p>We aim to strengthen the global leadership and competitiveness of our national defence and security ecosystem by industrially relevant R&D that excels in speed of innovation. The challenge is to translate operational needs into relevant R&D of crucial high-tech components, subsystems and complex sensor and associated C2 systems to carry out successful defence and security operations. This is a combined effort in the Triple Helix where TNO and industry work together with government as launching customer. Thereto, technological breakthroughs are built in only those areas that are strategically crucial to the Netherlands and when the knowledge cannot be obtained anywhere else.</p> <p>The activities are undertaken within both the national and the international context. In the national context, the activities match and implement the roadmaps Security and Electronics of the Topsector High Tech Systems en Materialen (HTSM); the Topsector Water & Maritiem; the five missions within the KIA Veiligheid; and the KIA Sleuteltechnologieën. In the international context, the activities are predominantly performed within EDA and NATO partnering, with an increasing role of the EU.</p> <p><i>In the period 2023 – 2026, research will be carried out in projects within the following themes:</i></p> <p>Radar and integrated sensor suites, the largest theme in the program. It focuses on the integrated sensor suite for future frigates of the Royal Netherlands Navy (RNLN), with a current timeline established up to 2030. Around 2024, a multi-million prototype of an X/S-band one-radar, functionally integrated with an ESM system, will be demonstrated. In 2023, radar waveforms to detect and classify objects at very large distances will be developed; high power, high efficiency GaN amplifier technologies and robust receivers for contested and congested spectrum will be demonstrated; AI for military sensors will be made robust; an RF chiplet approach for versatile sensors will be investigated; research on the feasibility of a new radar paradigm will continue; the test environment for RF fuze sensors will be defined; turbulence compensation in optical sensors will be demonstrated and short-range sensor applications for fuzes will be investigated for various market applications.</p> <p>Smart manning & automation focusses on design and development of intelligent software for the next generation military systems. Enhanced situational awareness for armed forces using interoperable systems-of-systems of manned and unmanned combat systems is pursued. Autonomous operations are enabled through a joint architecture, mission management functionalities and a standardized methodology for verification and validation of run-time adaptive autonomous systems. In 2023, we will demonstrate improved situational awareness of armed forces in an urban environment with a network of low-cost heterogeneous sensors by autonomous run-time reconfiguration; contribute to a standardized test methodology for verification</p>	

and validation of run-time adaptive Countering-UAS systems through three trials; demonstrate enhanced situation understanding using machine learning and artificial intelligence.

Agile design of collaborative autonomous UAVs and UGVs targets agile quick and easy design and development of runtime adaptive systems with strong focus on collaborative small/medium military UAVs and UGVs. In 2023, we will contribute to defining an interoperability standard for military unmanned vehicles; contribute to a Combat Unmanned Ground Systems simulation environment and contribute to a simulation environment with distributed agent autonomy for robust tactical swarm behaviour.

Imaging systems for defence and security focusses on image capture systems for high-end security, targeting improved image quality over longer periods, longer distances and against lower cost. Simulation, modelling, design, demonstration and validation of innovative combinations of sensors, processors and algorithms should lead to systems that make the difference to the user in critical missions, without adding additional complexity. In 2023, a new multi micro camera architecture will be shown and a security demonstrator in combination with a high resolution camera on an airborne platform will be delivered that deals with limited bandwidth; work will be performed on AI techniques like frugal learning, relevant to situations where no operationally relevant training sets are available, and on edge processing on neuromorphic hardware for situations where computational power is very limited.

Space Situational Awareness (SSA) by the MoD can only be obtained through combining data sources. This involves both a hardware facility generating specific data as well as the process to combine data and create intel. This theme explores the different ways in which the Dutch government can be supported to establish this. In 2023, new processing techniques including sensor fusion to improve the imaging and classification capabilities for complete situation awareness of space objects with ground-based radars will be explored; CONOPS requirements will be categorised and a technology roadmap for the future architecture of space-based missile early-warning systems will be established.

Ground Situational Awareness (GSA) focuses on heterogeneous fusion of observations from satellites and other relevant platforms such as aircrafts, drones, aerostats and ground sensors to detect anomalies and events of interest for the MinJ&V and the MoD operational end users. In 2023 we will combine use of earth observation data (wide area monitoring) and autonomous unmanned systems (high resolution data, flexible use), where the unmanned systems will be used to enrich situational awareness through adaptive mission planning and execution.

Quantum sensing explores various quantum sensing techniques in the context of military-relevant applications as they may transform the military battle field in the future or even disrupt the balance of power. To anticipate on this future we develop understanding of the potential added value in military use cases in parallel to the process of improving technical understanding of this fast-changing field. In 2023 we will update the quantum sensing catalogue and explore Position, Navigation and Timing applications as well as the potential of quantum enhanced radar and electronic countermeasures; we will develop magnetic map matching algorithms; we will further investigate the impact of the power of quantum computers on sensor signal processing and demonstrate an implementation on quantum hardware; we will perform modelling of SQIF sensors.

Ocean Resilience and Transparency (ORT) seeks to minimize the impact of maritime operations on the ecosystem in a cost-effective manner and without compromising physical safety. We further seek to understand and mitigate the negative effects of underwater sound and bring international standards closer. In 2023, we will study tagged marine mammal responses to ship sounds; finalize integration of the ship sound model; develop the KEC framework for vibratory piling sound; deliver support to NIOZ on the effects of bubbles on sound propagation; demonstrate support to search-and-rescue operations and expert support on a distance; create a planning tool for optimal deployment of drones during search-and-rescue; demonstrate covert monitoring of illegal ship activity in Scheveningen harbor; finalize design and development of a robotic crane for on- and off-loading of containers; develop an energy management solution for methanol-driven future vessels; test a smart, dynamic scheduling system for optimized scheduling of Inland Water Transport locks and bridges.

Titel	VP Space & Scientific Instrumentation (P607)
MTIB Thema	Sleuteltechnologieën
Contactpersonen TNO (DM en VPM)	Kees Buijsrogge, Ton Marée
Contactpersoon Regievoerder	Topsector: Maarten Schipper (Airbus) – Roadmap Space, Marco Beijersbergen (Cosine) Advanced Instrumentation, Eelco van der Eijk, Director Space Policy at Ministry of Economic Affairs, Rob Postma.
Programma jaar 2023 - Samenvatting	
<p>Our multi-annual R&D program 2023 - 2026 supports our ambition to contribute to preventing climate change and air pollution, enable secure broadband connectivity, help understanding the Universe, and stimulate economic growth in the Netherlands and Europe. Therefore, we organise the VP along program lines directly connected to this ambition; Instruments for Earth Observation and related Space Data Utilization, technologies for Satellite Communication, and Scientific Instrumentation focusing on instruments for Ground-based Astronomy and Space-based Astronomy, and including instruments for Big Science and Diagnostics for Fusion Energy. A new development in the space domain is the increased priority at ESA and the EU for Space Situational Awareness, including space weather, Near Earth Objects, and Space surveillance and tracking including Space Traffic Management. It is seen that TNO can contribute with its strong heritage in Optical systems, in the field of observation and diagnosis. This theme will be further investigated in 2023 to define positioning and ambition of TNO, in close collaboration between the TNO Units Industry and Defence, Safety and Security.</p> <p>Our main objective in the area of Earth Observation and Space Data Utilization is to maintain and strengthen the Dutch position with regard to monitoring the composition of the Earth's atmosphere. We want to contribute to help monitor the Paris agreement and give detailed insight in emissions and spread of air pollutants and greenhouse gases. We have the long-term goal for in-orbit-demonstration of a small and very accurate instrument with related downstream models, specifically focused on measurement of greenhouse gasses and air pollution. In addition to the instrument, given the focus in the commercial EO market on information products, we will work on the development of data processing methods that can enable global information services that provide actionable information to decision makers in governments.</p> <p>For 2023 the focus will be on the development of instruments that measure CH₄, NO₂, NH₃, SO₂, CO₂, CO and aerosols. We will work on improving our LOTOS-EUROS and TOPAS models by including more air quality trace gases and CH₄.</p> <p>In the domain of Satellite Communication our aim is to develop state-of-the-art optical terminals for ground, air and space usage for the value chain of global satcom providers. We follow four main use cases: Secure & Robust Comms for worldwide Mobile Security Operations; Cyber Proof/Quantum Resilient Comms over Ground Networks for Secure Connectivity; Ultra-High-Speed Global Secure Connectivity Network (constellations); Data Relay for Earth & Space Sciences from (deep) Space. Each of these use cases have their own timeline of development, where the first laser satcom constellations are in industrial development right now, but deep Space data relay using laser satcom is foreseen to be further away in the future.</p> <p>We will work on our four main drivers; fast, secure, multi-point and far communication. For fast communication the long-term goal is ultra-high data throughput of 10 Tbit/s feeder link to a GEO satellite. Secure communication focusses on links with ultimate protection, suitable for the quantum era with a long-term target of a Quantum Key Distribution service with satellite nodes, which is resilient to hacking attacks. Multi-point communication facilitates simultaneous communication with multiple senders and receivers with a long-term target of a multi-beam optical space terminal in GEO-orbit, receiving data from various nodes (space, aerial, naval) and transmitting towards multiple users. With far communication TNO looks at data links over very long distances with a long-term target of a link to a deep space science mission, such as a planetary or asteroid mission.</p> <p>These various uses cases provide a very promising opportunity for Dutch industry to extend its space-related activities into a commercial market: in this development we will position Dutch high-tech companies as potential suppliers for the terminals and their subsystems based on user requirements from this market.</p> <p>For the domain of Ground & Space Based Astronomy and Scientific Instrumentation we intend to strengthen our position with regard to developing high-grade instruments to perform world-class science, both in space and on ground.</p>	

Our long-term goal for Ground-Based Astronomy is to contribute to the development of the Thirty Meter Telescope (TMT) optics with a 3m diameter deformable mirror foreseen to be reached in the coming five to seven years from now. Steps towards that goal are deformable mirrors of increasing size, better support structures and laser guide stars for the big telescopes in the world (UH88, EST, ELT, GMT, MAORY, GEMINI, KECK). For 2023 the goal will be to test a deformable mirror of 60cm diameter (UH-88) to create our first on-sky-heritage.

In the space-based astronomy domain we use ESA's long-term planning for space science missions, 'Cosmic Vision 2015–2025', as a guideline. The coming years we will work on pointing mechanisms for the LISA (detection of gravitational waves) mission.

We are connected to the ET Pathfinder that is currently being realized in Maastricht. This instrument will pave the way for the Einstein Telescope, a third generation gravitational wave detector, for which the South of Limburg presents as a promising location. The approval of the Groeifonds proposal Einstein Telescope in 2022 will lead to further investments in technology and innovation research for this topic. We can play a strong technical role in developing mirrors and metrology systems, and therefore remain in close contact with the ET-Netherlands team. In addition, we aim to contribute to nuclear fusion technology by applying our optical systems design expertise to develop technologies for diagnostic instrumentation in the extremely challenging environment of the nuclear fusion chamber.

Titel	VP Semiconductor Equipment (P612)
MTIB Thema	Sleuteltechnologieën
Contactpersonen TNO (DM en VPM)	Rogier Verberk, Jasper Flipse
Contactpersoon Regie-voerder	Frans List (leader HTSM Roadmap Semiconductor Equipment; ASML), Toon Evers (leader HTSM Roadmap Healthcare; Philips Healthcare), Ronny van 't Oever (leader HTSM Roadmap Nanotechnology; Micronit)
Programma jaar 2023 - Samenvatting	
<p>TNO's roadmap on Semiconductor Equipment, Quantum Technologies and Medical Photonics provides critical enabling technologies to the Dutch and international high-tech industry to enable manufacturing of integrated circuits (chips). Consumer electronics, mobile devices, industrial processes, communication equipment, the car industry, artificial intelligence and nearly all potential solutions to societal challenges rely on these chips to generate, process, and store data. By industrializing such technologies this Dutch high-tech industry enables many other industries and development goals, and at the same time became a strategic asset for the Netherlands and Europe, in order to balance our dependency on other (chip manufacturing) countries.</p> <p>The Dutch semiconductor industry is leading in lithography, the most critical process step in chip manufacturing, and has dominating positions in equipment & modules for, e.g., metrology and wafer processing equipment. We aim to have the Dutch semiconductor industry by 2026 have strengthened this position by world record performance in lithography systems, have expanded this position to other critical manufacturing equipment (e.g., metrology, processing, and pick-and-place), and having taken pole position in the emerging market of quantum technologies. TNO supports this ambition by pushing the limits in thermal management, contamination control, material sciences, metrology, optics and optomechanics, quantum technologies, and systems engineering. Developing and utilizing unique technological infrastructure like EUV beam lines, and optical and vacuum test rigs are an integral part of this strategy.</p> <p>In 2023 the unique EUV testing infrastructure will be further upgraded and expanded to study induced plasma effects and material sciences for EUV lithography mirrors as well as reticles, enabling higher productivities and higher resolution ('NA') systems. Young research topics like computational optics will continue. The R&D program integrated photonics (PIC) will be continued with a stronger focus on applications (LIDAR, Medical, and Quantum). The program on micro-fluidics and cooling techniques remains focused on immersion lithography and 5G/6G communication chip cooling, but is expanded to cooling for data centers. Relatively new is the development of metrology equipment for large scale PIC manufacturing, which is started in 2022 by a consortium of Dutch SME's plus TNO, supported by European funding.</p> <p>TNO's innovations in scanning probe based (SPM) and acoustics based metrology concepts have gained attention by world leading chip manufacturers. Starting in 2022 and expected to be expanding in 2023, TNO will execute research in cooperation with those IDM's to gain insight in their state-of-the-art and even future challenges in chips manufacturing. The metrology concepts itself will be further developed in European projects starting in 2023.</p> <p>Within the mission of QuTech, the development of a quantum computer that is accessible for end users via the web, and establishing a quantum communication channel for entanglement distribution between Delft and Den Haag will continue in 2023. During 2022 and 2023 TNO sets up test and development facilities for quantum sensing. This will all further propel the Netherlands as a vivid hotspot for quantum technologies in the coming decade. Our activities are part of the next phase of the national program led by QDNL, starting end of 2022, as well as support by new European projects kicking-off in 2023.</p> <p>TNO's research on Medical Technologies focusses on accelerating photonics-based innovations that can help people to stay healthy, diagnose diseases earlier, and facilitate remote patient management, supporting affordable and easily accessible healthcare for the ageing population. To achieve this we develop diagnostic optical and opto-acoustic devices for use in home, primary and secondary care, including multispectral fundus camera's for early diagnosis of eye diseases as well as systemic diseases, wearable diagnostic photonic devices for remote patient management, and optoacoustic sensors based on PIC to boost the performance of photoacoustic and ultrasound devices. In 2023 we will learn to add AI and machine learning expertise in order to fully exploit the large and complex data sets generated by simulations and measurements.</p>	

Titel	VP Flexible and Freeform Products (P615)
MTIB Thema	Sleuteltechnologieën
Contactpersonen TNO (DM en VPM)	Ton van Mol
Contactpersoon Regie-voerder	Richard Roemers
Programma jaar 2023 - Samenvatting	
<p>In VP 'Flexible and Freeform Products' we develop technology for next generations of smart products, made by digital manufacturing processes. Applications are in multiple domains such as healthcare devices, energy storage and integrated photonics. The program consists of the following program lines:</p> <p>Digital Manufacturing Systems</p> <p>Digitization, health, sustainability and individualization are global trends and this program aims to develop:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Digital drug manufacturing, with the goal to ensure optimal treatment for individual patients by combining drugs with a personalized dosage in one pill. • Digital food processing, with the goal to provide consumers with the ability to tailor their nutritional intake to their personalized needs and preferences. <p>In <i>digital drug manufacturing</i>, the aim is to demonstrate and validate personalized medication in a clinical setting using newly developed printing systems. Key milestones in the roadmap are:</p> <ul style="list-style-type: none"> • In line quality control. • Accuracy and reproducibility of the API. • Ability to combine multiple API in one dosage form/pill. <p>The most important development in 2023 is the implementation of 3D printing of personalized medication in a pediatric setting.</p> <p>In <i>digital food processing</i>, the aim is to scale up the printing technology to create viable business cases. Key milestones in the roadmap are:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Increase throughput. • Ability to combine different food ingredients in one product with varying composition. • In line quality control. <p>The goal for 2023 is the realization of the concept machine for personalized healthy food snacks.</p> <p>Hybrid & Printed Electronics</p> <p>In this program we create enabling integrative technologies for next generation of electronics, being a hybrid combination of additive manufacturing and 'conventional' silicon-, thin film or photonics-based electronic components. These technologies enable future electronic products with unprecedented form factor and functionality. Specifically, we focus on these 4 domains:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Health care monitoring, key technology for enabling the emerging trends for value-based care and bringing the hospital to the home. Topics include for example wearable ultrasound and non-contact vital sign monitoring. In 2023 we will realize a first fully functional wearable ultrasound device, transfer our ExG medical patch technology to our industrial partners and develop a concept for the next generation medical patch with 4 out of 5 vital signs. • Advanced electronic and photonic chip packaging for applications like high power electronics, RF electronics. Plans for 2023 include development of innovative interconnect solutions as well as their implementation in state-of-the-art high power chips and the integration of an RF antenna in a chip package. 	

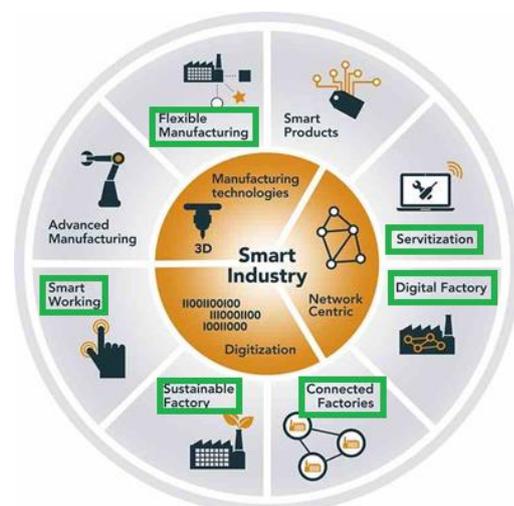
- New manufacturing technologies aimed at enabling 3D printed electronics and ultrahigh resolution high speed printing of electronics. In 2023 we intend to establish a start-up company for our new Impulse Printing technology and start first customer collaborations using our 3D printed electronics platform.
- Integrated photonics, with emphasis on enabling heterogeneous integration of various integrated photonics platforms and electronics. In 2023 we will develop a concept for connecting electronics and photonics on board level and we will develop of a panel-based process toolbox for integration of chips.

Thin Film Electronics

We will accelerate our activities on next generations of batteries, making use of our core capabilities in large area thin- and thick film technologies (and in line with KIA 'Batteries of the future'), In addition we will broaden our activities in the energy storage domain towards high tech water electrolysis components together with TNO Unit Energy Transition via the creation of a collaborative PMC and setting up a Shared Research Program. In addition, we'll leverage our competences and network in flat panel display technology to accelerate the industrial uptake of lab and organ-on-chip technology, which can significantly lower development times of new medicine.

In 2023 we plan to work on 3D solid state battery stack and material development to support the LionVolt start-up. We will also develop new application roadmaps in Electrolysis and Lab/Organ-on-Chip. With regards to electrolysis, we will realize integrated high-tech electrolysis components and set up and kickstart a shared research program together with TNO-ET and leading industrial partners. We will realize the combination of optical and electrical readout for (chemical) sensing in microfluidic environments. Finally, we will develop a strategic relationship with a flat-panel display compatible foundry for realization of microfluidic smart multi-well plate modalities.

Titel	VP Smart Industry (P617)
MTIB Thema	Sleuteltechnologieën
Contactpersonen TNO (DM en VPM)	Mark Courage MSc MBA, Ir. Sam Helmer, Dr. Adam Schmidt
Contactpersoon Regie-voerder	Jan Post (leader HTSM Roadmap Smart Industry & Philips Consumer Electronics), Joren Schep (EZK)
Programma jaar 2023 - Samenvatting	
<p>The long term TNO objective for the VP 'Intensivering Smart Industry' is the same as the objective of the HTSM Roadmap Smart Industry, the 'Routekaart Smart Industry' in the NWA, and the key enabling technology Engineering & Manufacturing technologies:</p> <p><i>The Netherlands has the most circular, flexible and best digitally connected production network in Europe for the design, production and supply of smart products and associated services. Within this production network the manufacturing companies also achieve substantial energy and material savings in production and the lifespan of the products. In addition, employees of the manufacturing industry and integrators are continuously able to maintain their (digital) knowledge and skills.</i></p> <p>In the national implementation agenda Smart Industry, 8 transformations are defined to enable manufacturing companies in the Netherlands to achieve the national objective (see picture for the 8 transformations). To support manufacturing companies and integrators TNO focusses on 6 of these transformations covered in 5 Product Market Combinations (PMCs) aligned with the transitions, plus one PMC focused on policy and ecosystem development:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Flexible Manufacturing (Flexman) 2. Smart Work (incl. servitization) 3. Digital Factory 4. Connected Factories 5. Sustainable Factory – Circular Economy Smart Industry (CESI) and Servitization (new in 2023) 6. Smart Response <p>For 2023 TNO has planned to establish one new PMC named Sustainable Factory. This PMC focuses on business transformations "Circular Economy" and "Servitization" in the manufacturing industry.</p> <p>The VP Smart Industry will further continue the involvement in the fieldlabs across the Netherlands, both through existing partnerships e.g. Brainport Industries Campus, RoboHouse, SMITHZ, SAM-XL, as well as in new ones – e.g. Breda Robotics and SAM-XS. Furthermore the involvement in European activities will be continued – from participation in (research and) innovation actions such as DIMOFAC, MAS4AI, Change2Twin, PENELOPE, EUR3KA, DACAPO etc. to involvement in large scale innovation ecosystems and networks such as the European Digital Innovation Hubs. Furthermore it is planned to remain an active member of international associations and partnerships – EFFRA/Made in Europe, euRobotics, BDVA, I40, IDTA, Gaia-X.</p> <p>Next to these activities TNO will be leading together with the national program office Smart Industry, the Smart Industry subproject of the national Growth fund NXTGEN HICHTTECH program. Plan for 2023 is to:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Deliver national standards and blueprints for digitalization of the manufacturing sector ranging from common approaches for the shopfloor connectivity, data models for describing products, processes and resources, to common approaches to sharing data across organizations and within data spaces; 	



- Enhance our technical portfolio by further work on adaptive operator and decision support systems, hybrid human-robot work cells, zero-programming approaches for flexible robotization, precise vision and ultrasound quality assurance and inspection tools for zero-defect manufacturing, adaptive dashboards and data analytics tools and IDS connectors.
- Accelerate the transformation implementation into the ecosystem of the smart industry developments by increasing involvement of technology integrators and technology providers;
- Orchestrating the national smart industry ecosystem through large scale programs like the NXTGEN HIGHTECH and National program office Smart Industry (FME, Metaalunie, TNO);
- Strengthening our European position through involvement in international research projects, active engagement in associations and participation in research networks. This to enable sharing of best practices and increase leverage for acceptance of standards and blueprints throughout the EU network.

Titel	VP ICT (P706)
MTIB Thema	Sleuteltechnologieën
Contactpersonen TNO (DM en VPM)	Berry Vetjens (DM) / Björn Håkansson (VPM)
Contactpersoon Regie-voerder	Frits Grotenhuis
Programma jaar 2023 - Samenvatting	
<p>TNO aims to guide industrial and societal stakeholders in the digitalisation of their business or domain, by integrating the identified enablers in national and European ICT agendas in first-time engineering solutions. These stakeholders have common needs, where they for example seek to take advantage of new opportunities in data sharing, and require fast open infrastructures and trusted ICT solutions to overcome their challenges in operating in digital ecosystems. To guide these developments, the VP ICT focuses on the common needs of our stakeholders and aims to reach the following goals.</p> <p>The use of Artificial Intelligence (AI) is fuelled by data. Data sharing is a key enabler for new business opportunities by combining data sources, but access to data is hindered by lack of trust between data owners, insufficiency in data interoperability and limited business models. Our ambition is to resolve barriers for data sharing by enabling data spaces in and across domains, ensuring interoperability of data sharing systems, avoiding vendor lock-in and achieving national data-hub(s) ecosystems.</p> <p>In 2023, we aim at:</p> <ul style="list-style-type: none"> i) building a PoC in a Dutch public-private SSI ecosystem; ii) building a PoC for a product passport across various parties; iii) performing a data sharing pilot in logistic sector; iv) piloting interconnecting data spaces; and v) piloting Privacy Enhancing Technologies on financial transaction data distributed across banks. <p>Key enabling technologies and digitalisation developments including AI, data ecosystems, digital twins and the metaverse, depend on extremely scalable digital infrastructures. In fast and open infrastructures, we design the future digital infrastructure as the foundation for digitalisation in and of society. This infrastructure integrates network connectivity, storage and processing. Digital infrastructures are increasingly being made up of a composition of infrastructures, virtualized and software-defined; and cloud-edge federation across telco and cloud provide a seamless cloud-edge continuum. With fast and open infrastructures, we focus on the combination of performance, sustainability and sovereignty.</p> <p>In 2023, our key contributions will be:</p> <ul style="list-style-type: none"> i) facilitating research in open networking and telemetry services with our open source cloud infrastructure and multi-vendor 5G experimentation platform; ii) a 5G trial in the energy domain with a use case on inspection of turbines at windfarms; iii) demonstrating the principle of 'platformless' application development in our Cloud Federation Testbed jointly with a.o. the national Gaia-X Hub and the Structura-X lighthouse project; and iv) exploitation of social XR building blocks in commercial platforms. <p>Our ambition with a trusted ICT approach is to deliver practicable implementations of relevant applications on current and near-future quantum hardware. With a focus on practicable algorithms for quantum optimization, in 2023 our key contributions will be:</p> <ul style="list-style-type: none"> i) various new implementations for experimental use cases using quantum hardware; ii) development of various new algorithms that utilize the core of multiple quantum computers, also known as distributed quantum computing; and iii) a multi-vendor ecosystem for quantum algorithms and application development with various industry partners. <p>These goals are aligned with national and stakeholder agendas, specifically the Nederlandse Digitaliseringsstrategie 2021, the KIA (Digitale) Sleuteltechnologieën 2020-2023, the European Data Strategy for 2030, the European Vision for the 6G Network Ecosystem, Quantum Delta NL, and with strategic stakeholder viewpoints. Until 2025, we aim to consolidate this role and maintain our leading position in standardisation of digital technologies and within industry fora.</p>	

Titel	VP Embedded Systems Innovation (ESI) (P707)
MTIB Thema	Sleuteltechnologieën
Contactpersonen TNO (DM en VPM)	Henk-Jan Vink (Managing Director TNO ICT), Jacco Wesselius (VP manager)
Contactpersoon Regie-voerder	HTSM embedded systems / Brit Meier
Programma jaar 2023 - Samenvatting	
<p>The target of the Vraaggestuurde Programma (VP) ESI is to drive advances in high-tech systems development by embedding cutting-edge engineering methodologies in the Dutch high-tech systems industry to cope with the ever-increasing complexity of their products: (i) creating impactful and industrially applicable methodologies and (ii) providing support to the high-tech industry to apply the results.</p> <p>The Dutch high-tech industry is responsible for a large portion of the Dutch private R&D expenditures. Many companies are worldwide market and innovation leaders. They bring systems to the market with ever-higher performance and dependability, more and more functionality, better cost performance ratios, and tighter integration in customer processes. To strengthen their market position, the industry needs to deliver innovations continuously (shorten time-to-market) and dependably.</p> <p>The complexity of high-tech systems grows steeply due to product diversification and customer-specific products, tight integration and optimization in customer processes (system of systems), AI, etc. Combining the growing complexity with the need for continuous innovation and high dependability asks for (i) systems engineering methodologies to improve the efficiency, effectiveness, quality and cost of product development and (ii) a highly qualified workforce capable to apply such methodologies in the industry, addressing aspects such as:</p> <ul style="list-style-type: none"> • multi-disciplinary architecting and design; • efficient and effective product innovation process (e.g., model-based methodologies, AI-for-engineering, virtualization and simulation, etc.); • the full product life-cycle context (continuous updates and upgrades during the full product life-cycle); • creation of systems in industrial eco-systems (OEMs, suppliers, innovation partners, service providers, etc.); • integrating of systems into systems-of-systems (i.e., tight integration in customer-specific workflows and system); • continuous an lifelong knowledge and skill development (human capital development). <p><i>Updated ambitions for 2026</i></p> <p>The program of VP ESI is based on the needs of the industry partners of ESI. It is a multi-year program that evolves as the needs of the industry and the state-of-the-art evolves. In 2022, an extensive process was performed to align the research agenda with its industry and academic partners. The process confirmed the directions of the VP, strengthening the focus on platforms and system diversification, and on the integration of systems in customer-specific systems (of systems) and processes. A specific challenge and ambition was added, regarding integration of artificial intelligence in high-tech equipment and the application of artificial intelligence for their development:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Engineer4AI: Methodologies to deal with the opportunities and challenges of the integration of AI/ML, adaptivity and autonomy in high-tech equipment (e.g., dependability consequences); • AI4Engineering: Applying AI to optimize the efficiency and effectiveness of R&D-teams (hyper-automation for R&D). <p>Results for 2023</p> <p>Below are summarised the results targeted for 2023:</p> <p><i>Agenda Setting:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • reflect on the roadmap developed in 2022 with ESI's international partners; 	

- review the HTSM SE Roadmap 2020 and update it if applicable in view of the results from the exploration of industry needs performed in 2022.

Research Projects:

- Submit a proposal for an academic research program on the topic of AI4Engineering, as successor of the MASCOT program (NWO project proposal Zorro);
- Participate in European programs to address strategic challenges. Currently proposals are prepared for the KDT program on two topics:
 - Efficient and effective verification and validation of diversified product portfolios;
 - Applying artificial intelligence and models to perform root cause analysis of system/software performance issues.
 - ESI is participating in European projects that will continue in 2023:
 - ASIMOV: to analyze the value of applying Digital Twin based training of Artificial Intelligence for automatic calibration of high tech equipment;
 - Transact: to analyze system performance across the system-edge-cloud continuum;
 - Vivaldy: analyzing the application of model-based change impact analysis to optimize system verification and validation.
- In 2021 and 2022, a study was performed on the application of Model-Based Systems Engineering (MBSE) together with the industry and academic partners . A successor study will run to dive deeper into industry MBSE-pilots and to align with international MBSE practitioners.

Research targets per strategic program line for projects in 2023:

- Performance: Systematic reasoning on system performance (to diagnose and to optimize) covering functional, software, and platform levels, including execution architectures and systems-of-systems;
- Dependable Systems: Effective verification and validation of diversified product portfolios (customer specific configurations, covering many versions) using models and change impact analysis to optimize V&V efficiency while assuring the quality of released systems (updates).
- Design methodologies for system diagnostics (including further strengthening of our program on diagnostics with Twente/UT);
- Evolving Systems: System and software architectures addressing the modularity needs in business processes across the full product life cycle (incl. manufacturing, service, legacy challenges, etc.);
- Systems in Context: Methodologies and architectures to integrate high-tech equipment into customer processes and systems of systems, addressing system-of-system level concerns such as performance, dependability, system evolution etc.
- Systems Architecting: Model-based systems architecture and systems engineering methodologies (e.g., MBSE) to realize customer and business value through customer value modelling, modularity, platforms, system variant management, aligning systems and SW architectures, etc.;

In all running programs lines, we foresee a growing trend to extend the application of AI-techniques in these programs [AI4Engineering] and to study the consequences of applying AI in high-tech equipment [Engineer4AI].

Sharing, professionalizing, dissemination and competence development:

- Exploiting the added value by seeking synergies in research with various partners and exchanging experiences and results;
- Building a network of service providers as implementation partner of the results of the VP, organized in an Implementers Council;

- New courses, course offerings, and updating existing courses.

International positioning and visibility:

- Strengthen the international cooperation network of systems engineering research centers by aligning strategies, roadmaps, exchange of results and exploring opportunities for joint initiatives.
- Participate in European projects together (as we do with DLR, KDT and Fraunhofer in new KDT proposals).

Titel	VP Sleutelmethodologieën voor Transitie en Transformaties (P901)
MTIB Thema	KIA Maatschappelijk Verdienvermogen / Sleuteltechnologieën
Contactpersonen TNO (DM en VPM)	Maxine Tillij, Anne Fleur van Veenstra, Mirjam Groote Schaarsberg
Contactpersoon Regie-voerder	Paul Vetter (EZK)
Programma jaar 2023 - Samenvatting	
<p>Het Vraaggestuurde Programma (VP) Sleutelmethodologieën voor versnellen van transitie en transformaties (Key Enabling Methodologies, KEM's), is een VP in de Roadmap Transitie & Transformaties van de Unit Strategic Analysis & Policy. <i>Het programma ontwikkelt methodologieën voor de versnelling van de maatschappelijke transitie die doorlopen moeten worden om de transformatie naar een duurzame en digitale economie en samenleving met een hogere brede welvaart te realiseren.</i></p> <p>KEM's zijn de niet-technologische inzichten, gebaseerd op o.a. sociaalwetenschappelijke, economische en bedrijfskundige onderzoek, waarmee technologische mogelijkheden beter benut worden in samenleving en economie. De roadmap richt zich op drie complexe socio-technische systemen: stedelijke systemen, industriële systemen en innovatie systemen. Met de hier opgedane inzichten ontwikkelt het VP KEM's generieke methodologieën die uitgewerkt kunnen worden voor (deze) specifieke systemen. Het doel van het VP is om KEM's in te zetten om de benodigde versnelling van innovaties en kennis richting economische en maatschappelijke oplossingen te realiseren. In het urgent oplossen zit de uitdaging. Er zijn op korte termijn inzichten nodig in de diverse transitie en handvatten om daarop interventies te plegen. De kennisontwikkeling in het VP vindt daarom vooral plaats door middel van actiegericht onderzoek in samenwerking met marktpartijen en andere relevante stakeholders.</p> <p>In het VP worden drie methodeclusters van KEM's ontwikkeld:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) het analyseren en begrijpen van complexe systemen en het identificeren van interventies die bijdragen aan transitie naar de economische en maatschappelijke doelen; 2) het ontwerpen van adaptieve besturing: structuren, besluitvorming en beslisondersteuning voor bedrijven en overheden in complexe transitieprojecten met onzekerheden en onbedoelde gevolgen; 3) het organiseren van werkende ecosystemen voor economische en maatschappelijke waardecreatie en nieuwe collaboratieve business modellen. <p>In 2023 wordt gestart met de volgende onderwerpen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Het verbinden van de drie methodeclusters tot een overkoepelend raamwerk voor transitieversnelling in complexe socio-technische systemen. • een Adaptive Governance Toolkit die recht doet aan de complexiteit en onzekerheid van transformaties, maar tegelijk bestuurders van organisaties de handvatten geven transitie voortdurend te versnellen en bij te sturen • het verrijken van bestaande afwegingsinstrumenten met identificeren en inschatten van impact op systeem randvoorwaarden zoals ruimte, materialen en financiering. <p>In 2023 wordt ook verder gegaan met de reeds gestarte ontwikkeling van de volgende methodieken:</p> <ul style="list-style-type: none"> • afwegingsinstrumenten voor besluitvorming in schaarse ruimte specifiek voor stedelijke systeeminterventies • het ontwerpen en realiseren van collaboratieve business modellen voor industrie transitie in de chemie • Transformeren van collaboratieve impact scenario's naar collaboratieve impact transitiepaden voor en met de chemische industrie en industriële cluster organisaties • Hybride foresight methodes voor innovatiesystemen • Data-gedreven monitoring methodes van de impact van innovatieprogramma's en –instrumenten <p>Hierbij werken we samen met kennisinstellingen zoals Copernicus Instituut (UU) en LDE Bold Cities, voor het EUR programma Vital Cities & Citizens en voor de ministeries EZK, BZK en I&W, ROMs, provincies, grote gemeentes en staatsdeelnemingen.</p> <p>Het VP KEM's sluit aan bij de KIA Maatschappelijk Verdienvermogen (MV) en de onderzoeksagenda voor sleutelmethodologieën (KEM's) .</p>	

Het VP KEM's is formeel gestart op 1 januari 2022. Het richt zich specifiek op kennisontwikkeling voor complexe systeemveranderingen en bouwt deels voort op de huidige kennis(ontwikkeling) gericht op de versnelling van individuele transitie. Inzichten uit deze roadmap kunnen voorts ook ingezet worden voor andere transitie. De roadmap richt zich nu op drie complexe socio-technische systemen: stedelijke systemen, industriële systemen en innovatie systemen. De komende periode wordt bekeken of en in op welke wijze digitale systemen een toevoeging zou zijn, gelet op de toenemende vraag naar methodologieën voor de bestuurlijke en sociaal-economische inbedding van digitale technologieën.