

Titel	Milieu en Duurzaamheid (510)
Missie/ Topsector	Energie Transitie en Duurzaamheid
Contactpersonen TNO	Marinke Wijngaard, Esther Zondervan
Contact extern	Murk de Roos, Nicole Linkels, Ministerie I&W
Programma jaar 2020 - Samenvatting	
<p>De wereldbevolking neemt in aantal toe, productie en consumptie blijven groeien. Dit leidt tot klimaatverandering, verslechtering van de kwaliteit van de leefomgeving (gezondheid, veiligheid en ecosystemen), vermindering van grondstoffenvoorraden.</p> <p>In Parijs zijn wereldwijde afspraken gemaakt om de uitstoot van broeikasgassen in 2050 met meer dan 80% te verminderen ten opzichte van 1990. Dat vraagt een energietransitie naar een CO2 neutrale samenleving die alle sectoren raakt. Ondanks de verbeterde luchtkwaliteit in Europa zijn er jaarlijks nog steeds ongeveer 400.000 vervroegde sterfgevallen aan luchtkwaliteit te wijden en wordt de ziektelast in Nederland gemiddeld meer dan 5% veroorzaakt door een slechte kwaliteit van de leefomgeving; een kostenpost van 5-7 miljard Euro per jaar. Beheersing van milieurisico's en omgevingsveiligheid staat voor een transitie van saneren en beheersen naar het voorkomen van milieurisico's en gevaren.</p> <p>Aanvullend heeft Nederland de ambitie om in 2050 een circulaire economie te realiseren: duurzame circulaire ketens waarin grondstoffen volledig worden hergebruikt, geen afval wordt geproduceerd en alle gebruikte energie duurzaam is opgewekt. Met als (tussen)doelstelling om in 2030 50% primaire grondstoffen (mineraal, fossiel en metalen) te gebruiken. Eerder toonde TNO aan dat het bevorderen van circulaire productketens kan leiden tot een extra toegevoegde waarde van 7 miljard Euro in 2025 en 54.000 extra banen in de komende 5 jaar.</p> <p>TNO draagt bij aan de oplossing van bovenstaande ambities door enerzijds het inzicht in de milieuproblemen te verbeteren en daarnaast oplossingen te ontwikkelen. Zo werken we in dit vraaggestuurd programma aan: beter meten (van het ontwikkelen van sensoren tot het ontsluiten van satellietdata en het gebruik van big data), beter modelleren (onder andere koppeling van grootschalige aan lokale modellen om beter inzicht in de blootstelling van individuen te krijgen) en verbeterde beslissingsondersteunende systemen. Daarnaast ontwerpen we circulaire ketens en beoordelen we nieuwe technologieën en ketenoplossingen op duurzaamheid. Bovendien ontwikkelen we technologieën voor recycling van in eerste instantie kunststoffen en bouwmaterialen die een duurzame bijdrage leveren aan de circulaire economie.</p> <p>Het onderzoeksprogramma kent zes speerpunten: Klimaat en Emissies; Milieu en Gezondheid; Risico's en Veiligheid; Impact Assessment; Circulaire Kunststoffen; Circulair Bouwen en Infra. De belangrijkste resultaten die wij in 2020 beogen te behalen zijn:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Een dagelijkse brontoekenningsservice voor NL voor methaan, fijnstof en reactief stikstof op basis van gedetailleerde emissiegegevens en hoge resolutiemodellering; 2. Kwantitatieve meetmethoden voor identificatie van verschillende type microplastic voor o.a. blootstelling onderzoek; 3. Model voor voorspellende risicoanalyse; 4. Rapport over de status van de Circulaire Economie in Nederland in samenwerking met overheidsinstellingen; 5. Concept proces voor het recyclen van polymeer, broom en antimoon uit plastic afval van elektronische en elektrische apparatuur inclusief een screening voor life cycle assessment en life cycle costing; 6. Spelregels om milieubeoordelingen van asfaltproducten te uniformeren en vergelijkbaar te maken. <p>Dit programma is nauw afgestemd en interacteert met de programma's P512 Environmental Technology en P515 Circulaire Economie.</p>	
Korte beschrijving	
<p>De doelstellingen voor het speerpunt Klimaat en Emissies voor 2022 zijn:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Koppeling van de grootschalige klimaat- en luchtmodellen aan lokale milieumodellen. 	

- Ontwikkeling van een emissie-verificatiesysteem voor broeikasgassen ter verificatie van de klimaatafspraken van Parijs.
- Doorontwikkeling van de grootschalige luchtkwaliteitsmodellen naar een hoge resolutie luchtkwaliteitsassessment tool voor de vaststelling van persoonlijke blootstelling.
- Het verkleinen van de onzekerheden in de emissies en depositie van stikstof naar kwetsbare natuur.

De doelstellingen voor het speerpunt Milieu en Gezondheid voor 2022 zijn:

- Het adequaat (snel en kwantitatief) kunnen meten van specifieke bestaande en opkomende probleemstoffen (oa zeer zorgwekkende stoffen).
- Het bepalen van blootstelling aan complexe mengsels, o.a. fijnstof en microplastics.
- Het integraal kunnen meten van blootstelling zodat uiteindelijk blootstellingsrisico's in specifieke situaties kunnen worden vastgesteld (i.e. transitie van minder stofgericht naar meer situatiegericht meten van blootstelling).

De doelstellingen voor Risico's en Veiligheid ontleen zich o.a. aan de brief van 5 juni 2018 van de staatssecretaris van I&W aan de TK met de beleidsaanpak van I&W voor milieurisico's en omgevingsveiligheid, genaamd "Op weg naar een schone, gezonde en veilige leefomgeving". In de brief staat de aanpak voor de gewenste transitie van 'saneren en beheersen' naar het voorkómen van milieurisico's en veiligheid. De doelen voor Risico's en Veiligheid zijn:

- Predictieve risicoanalyse: voorkómen van risico's. Het verbeteren van de intrinsieke veiligheid van installaties en assets in de (petro-)chemie ('procesveiligheid'), bij hoog-risico bedrijven en in de energietransitie.
- Early Warning: voorkomen van incidenten. Het vroegtijdig identificeren van 'afwijkingen' in complexe systemen en (chemische) processen om zodoende (grote, chemische) incidenten te voorkómen.
- Response: verbeteren van de 'Situation Awareness'. Hier gaat het met name om First Responders (zoals brandweer, politie en andere hulpverleners) bij de inzet en bestrijding van grote incidenten met gevaarlijke stoffen.
- Governance: vernieuwing van toezicht. Bijdragen aan kennisontwikkeling voor (nieuwe) wetgeving en toepassing van nieuwe technologie bij vernieuwde vormen van Vergunningverlening, (Horizontaal) Toezicht en Handhaving.

De doelstellingen voor de 3 speerpunten rond Circulaire Economie ontleen zich vooral aan de ambities van het Rijksbrede programma "NL Circulair in 2050".

- Het speerpunt Macro Economische Impact Assessment richt zich op het versnellen van de transitie naar een circulaire economie door het verlagen van de transitiekosten. Dit doen we door het kwantificeren van de impact van circulaire scenario's voor effectiever beleid en strategie via macro economische modellen zoals EXIOBASE en EXIOMOD. Dit resulteert in een gereduceerde milieubelasting, verminderd gebruik van primaire grondstoffen, en creëert integrale business modellen.
- Het speerpunt Circulaire kunststoffen richt zich op de ontwikkeling van een gesloten kringloop zoals verwoord in de Transitie Agenda Kunststoffen en waar TNO actief bij betrokken is. We zullen zowel technologische, maatschappelijke en economische veranderingen initiëren. Meeste kunststoffen worden nu nog verbrand of gerecycled tot laagwaardige plastics (downcycling). Kunststoffen zijn een zeer diverse en gevarieerde groep van soms complexe materialen. Voor hoogwaardig hergebruik zijn scheiding van de verschillende types kunststoffen en verwijdering van additieven noodzakelijk. Daartoe worden (1) nieuwe technologieën ontwikkeld voor het sluiten van de kringloop en (2) nieuwe circulaire modellen opgesteld om de circulariteit en de economische haalbaarheid te voorspellen waarin toekomstige nieuwe, mogelijk disruptieve, ontwikkelingen worden meegenomen.
- Met de kennisontwikkeling in het speerpunt Circulair bouwen en infra dragen we bij aan de Toekomst Agenda Bouw en het behalen van duurzaamheidsdoelen door ontwikkeling van geconsolideerde impact assessment methodologie, beslissingsondersteunend te benutten voor/ door assetmanagers, beleidsmakers en bij innovatie van bouwproducten/ materialen.

Resultaten 2020

Voor *Klimaat en Emissies* zijn de resultaten en deliverables voor 2020:

- H2020 project Verify: Sectorspecifieke Europese broeikasgasemissie-kaarten voor de periode 2005-2019. Hierin worden emissies van fossiele en niet-fossiele (bio-) brandstoffen onderscheiden. De kaarten voor 2018/19 dienen als first-guess voor emissie-inversies later in het project.
- H2020 project Air Quality Watch (AQ-Watch), gestart eind 2019, heeft als doel brontoekenningsservices op te zetten in Santiago de Chili en Colorado (USA). Daarnaast wordt een tool ontwikkeld waarmee gebruikers direct kunnen zien wat de impact van emissiereducties op dagelijkse fijnstofconcentraties zijn. Resultaat voor 2020 is eerste opzet van een TOPAS-achtig systeem voor Santiago en Colorado met als voornaamste resultaat luchtkwaliteitsverwachtingen en brontoekenning.
- Een meteo-afhankelijk emissiemodel waarmee de emissies van broeikasgassen, NO_x, NH₃ en fijnstof op een hoge tijdsresolutie gebracht worden.
- Een gevalideerd TOPAS-NL operationeel voor stadsachtergrond concentraties van fijnstof, NO₂, CO₂ en CH₄.

In het kader van dit kennisdomein wordt nationaal en internationaal samengewerkt met o.a. RIVM, WUR, VU, KNMI, TUD, Freie Universität Berlin, UBA, CNRS, ECMWF, DLR, etc. Internationale samenwerking vindt deels plaats binnen EU-projecten Verify en AQ-Watch en de Copernicus Atmosphere Monitoring Service.

Het kennisdomein Klimaat & Emissies sluit aan op de routes "Kwaliteit van de omgeving: de waarden van natuur, landschap, bodem, klimaat, water en milieu (15)" van de Nationale Wetenschapsagenda. Het domein draagt bij aan de KIA's:

- Energietransitie en duurzaamheid (Ontwikkeling emissieverificatiesysteem)
- Gezondheid en zorg (Blootstelling gezondheidsrelevante stoffen)
- Landbouw, water en voedsel (kwantificeren emissies uit landbouw en depositie naar water en natuur)

Voor Milieu en Gezondheid zijn de resultaten en deliverables voor 2020:

- Betere kwantitatieve meetmethoden voor identificatie van verschillende type microplastic (m.b.v. nationale en internationale samenwerking) en het zo mogelijk opzetten van een landelijk PPS op dit terrein.
- Versterking van de academische samenwerking rond toxiciteit van bijvoorbeeld microplastics via een deeltijdhooglerarsplaats.
- Aansluiting van 'passieve bemonstering' methode bij exposoom en 'citizen science- burger initiatieven om individuele blootstelling in kaart te brengen.
- Bepaling van de correlatie tussen het oxidatief potentiaal en biologische assays (via externe samenwerking) voor de ontwikkeling van een gezondheidsrelevante meting van fijnstof.
- Uitbreiding van dynamische geluidskaarten en akoestische context extractie vanuit big data.

In het kader van dit kennisdomein wordt samengewerkt met verschillende partners, o.a. RIVM, steden, gemeenten, IRAS, en Universiteit Utrecht. Specifiek op het domein van microplastic blootstelling en effect wordt er gewerkt in nationaal en internationaal verband (ZonMw, PlasticSoupFoundation, Deltares, AIMPLAS etc.)

Het kennisdomein Milieu & Gezondheid sluit aan op de NWA routes "Meten en detecteren: altijd, alles en overal", "Kwaliteit van de omgeving: Leefomgeving en gezondheid: het exposoom", "Sport en Bewegen: gezond bewegen", "Smart, livable cities: Safe Big Data Cities" van de Nationale Wetenschapsagenda.

Externe aansluiting vindt plaats via de Innovatiemissie "Gezondheid en Zorg", specifiek op het gebied van missie I; Leefstijl en leefomgeving.

Tevens is er aansluiting bij het Meerjarig Missiegedreven Innovatie Programma (MMIP) "Duurzaam Mobiliteitssysteem" en de Kennis en Innovatie Agenda (KIA) Toekomstbestendige mobiliteitssystemen ten aanzien van ontwikkeling van een methode om transportemissies te kunnen screenen op hun schadelijkheid.

Toepassing van sensornetwerken en duiding om de omgevingskwaliteit te monitoren sluit aan bij de opgaven van gemeentes bij in werking treden van de omgevingswet 2021 voor wat betreft gezondheid afweegbaar maken, de kwaliteit van de fysieke leefomgeving monitoren en uiteindelijk de gezondheid bevorderen.

Voor *Risico's en Veiligheid* zijn de resultaten en deliverables voor 2020:

- Opzet van een model voor predictieve risicoanalyse dat kan worden toegepast bij het (her)ontwerpen en/of moderniseren van (nieuwe, chemische) installaties en hoog-risico bedrijven. Dit onderwerp sluit aan bij het thema (KIA) Energietransitie & Duurzaamheid, onderdeel Klimaat & Energie, deel B.3 Ontwerpen ("Veiligheid zo vroeg mogelijk als ontwerpeis meenemen in product- en procesontwikkeling, om eventuele risico's voor mens en milieu te voorkomen") en deel D.2 (ruimtelijk beleid mbt omgevingsveiligheid).
- Functionele eisen voor een Early Warning systeem. Nieuwe data-gedreven technologie om incidenten met gevaarlijke stoffen zoveel mogelijk te voorkómen. Dit sluit aan op KIA6 (Safety Delta Nederland; onderwerp "voorkómen van lekkages en/of emissies").
- Response (H2020 'Assistance'): de eerste contouren van een platform t.b.v. besluitvorming voor/door hulpverleners bij grote incidenten met gevaarlijke stoffen. Het platform maakt gebruik van data van o.a. meetnetwerken in de omgeving, (grond) robots, draagbare sensoren (op uitrusting brandweer) en/of UAV's (drones). Dit onderwerp sluit aan bij het thema (KIA) "Omgevingsveiligheid" (algemeen) en KIA "Veiligheid", waaronder "Data- en Intelligence gestuurd werken"; onderwerp 8 (missie Veiligheids-professional voor 'situatieel bewustzijn').
- De opzet van een nieuw governance model op basis van ervaring in de haven van Rotterdam. Dit onderwerp sluit aan op ontwikkelingen bij de overheid (I&W, SZW) omtrent vernieuwing van vormen van toezicht, zoals de transitie naar risicogericht en/of horizontaal toezicht. Dit sluit aan bij het thema (KIA) Energietransitie & Duurzaamheid (onderdeel Klimaat & Energie), Deel D Governance en Transitie; deel D1: Wet en regelgeving: (Ontwikkeling van) nieuw instrumentarium voor de bevordering van circulariteit.

Opmerkingen bij Risico's en Veiligheid:

- In alle KIA's dient rekening te worden gehouden met omgevingsveiligheid [ref. Kamerbrief 26 april 2019, Kennis en Innovatie Agenda's 2020-2023]. De SDN (KIA6) zal met name samenwerken met de topsector chemie.
- Op diverse onderwerpen zal worden samengewerkt met andere instituten of academische instellingen, zoals TUD (procesveiligheid), Universiteit Maastricht en Erasmus/RSM (Governance), Universiteit Twente (Asset Health) en TUD Delft (Leiderschap, Veiligheidscultuur), Gemeenschappelijke Brandweer Rotterdam (Response), Instituut Fysieke Veiligheid (training) en partners in het EU H2020 project 'Assistance'.

Voor *Impact Assessment* worden tools, modellen en strategische programma's voor overheid en industrie ontwikkeld in verschillende projecten. De verwachte resultaten voor 2020 zijn:

- Panorama: een uitgebreide materiaalvoorraad- en stroomdatabase om de besluitvorming over materialen door de industrie en overheden in de EU te ondersteunen. Een op het web gebaseerd informatieservicesysteem die JRC's RMIS en European Geological Data Infrastructure (EGDI) ondersteunt.
- Criticalc: een modulair lesprogramma voor het beheren van supply chain-risico's met betrekking tot kritisch materiaal voor bedrijfsvertegenwoordigers / MKB-, MSc- en PhD-studenten, ondersteund door een webgebaseerde 'criticality scanner' op basis van een bestaande Nederlandse tool. Het programma wordt getest met meer dan 250 studenten.
- Cicerone: een strategische onderzoeks- en innovatieagenda (SRIA), door het uitvoeren van een ex-ante impact assessment van een gezamenlijk programma op gebied van circulaire economie onderzoek en innovatie, en het ontwikkelen van een beleidstoolkit om de prioriteiten te promoten en adoptie door beleidsmakers te vergroten. In samenwerking met CBS en PBL wordt in 2020 het monitoringprogramma van de circulaire economie opgeleverd. Dit programma zal de voortgang van de circulaire economie kwantificeren en twee-jaarlijks een rapportage uitbrengen. In 2020 wordt de eerste rapportage van de voortgang van de circulaire economie opgeleverd.

Voor de *Circulaire kunststoffen* worden recyclingtechnologieën voor plastics ontwikkeld in combinatie met de bepaling van de milieu en economische impact. Deze kennis wordt ontwikkeld in het door TNO gecoördineerd H2020 project PLAST2bCLEANED (looptijd 2019-2023). In PLAST2bCLEANED wordt een dissolutietechnologie ontwikkeld voor de recycling van polymeer, broom en antimoon fractie uit plastic afval van elektrische en elektronische apparatuur (www.plast2bcleaned.eu). De verwachte resultaten voor 2020 zijn:

- Een concept recyclingproces op labschaal;
- Doel en scope van recycling route;

- Screening Life Cycle Assessment and Life Cycle Costing;
- Disseminatieplan en uitvoering zoals website, project video, nieuwsbrief etc.

Activiteiten binnen circulaire kunststofketen sluiten geheel aan bij (1) KIA Circulaire Economie MMIP 2 circulaire grondstoffen en processen onderdeel E recyclingtechnologie en ketenregie en (2) IKIA Klimaat en energie MMIP6 Sluiting van industriële ketens, deelonderwerp circulaire kunststoffen ten aanzien van de ontwikkeling van nieuwe recyclingtechnologieën en ketens en (3) NWA route Circulaire Economie.

Voor Circulaire Bouw en Infra zijn de verwachte resultaten voor 2020:

- Verbeterd BOB-model (BOuwmateriaal in Beeld) onder de vlag van de NWA in samenwerking met nationale, regionale en lokale overheden, marktpartijen (zoals Heijmans en architecten) en netwerkorganisaties als Cirkelstad. Het doel is dat BOB beschikbaar komt voor andere partijen dan TNO en dat het mogelijk wordt om bouwmaterialen voorraden en -vraag te voorspellen en de effecten van de verschillende bewerkingsroutes voor secundaire materialen te vergelijken.
- Verbeterde Residual Value Calculator (RVC) met een verbreding van commerciële fabrikanten van bouwmaterialen naar andere partijen in de circulaire bouwketen en de circulaire accounting. Het resultaat is een verder ontwikkelde methode om de economische waarde van bouwproducten te voorspellen om zo de ontwikkeling van nieuwe business modellen te stimuleren (zoals product as a service, waar productaanbieders hun producten aan het einde van hun functionele levensduur terugnemen).

De werkzaamheden sluiten aan bij de KIA circulair en het Bouw en Technologie Innovatie Centrum (BTIC).

Dynamiek

Programma's Milieu en Gezondheid en Circulaire Economie worden gecontinueerd volgens plan. Voor circulaire economie zijn programma P510 en P515 complementair aan elkaar. Voor 2020 is er een verdeling gemaakt op deelonderwerpen voor beide programma's.

Het werkveld Circulaire Economie begint geleidelijk uit te kristalliseren. De nieuwe missie-gedreven aanpak en sleuteltechnologieën zullen leiden tot verdere aanscherping van het programma.

Titel	Circulaire Economie (P515)
Missie/ Topsector	Deel-KIA Circulaire Economie / Topsector Chemie
Contactpersonen TNO	Marinke Wijngaard, Esther Zondervan
Contact extern	Murk de Roos Ministerie IenW / Oscar van den Brink (Topsector Chemie)

Programma jaar 2020 - Samenvatting

The Netherlands has the ambition to achieve a circular economy by 2050: sustainable circular chains in which raw materials are fully reused, no waste is produced and all used energy is sustainably generated. The (intermediate) objective is to use 50% primary raw materials (mineral, fossil and metals) by 2030. With this objective on the use of raw materials, the Netherlands is in line with the level of ambition in comparable countries. Earlier TNO research showed that promoting circular product chains can lead to an additional added value of 7 billion euros in 2025 and 54,000 extra jobs in the next 5 years.

TNO contributes to the solution of this issue on the one hand by improving insight into environmental problems and on the other hand by developing solutions. Many inexpensive and relatively simple measures have already been implemented, what remains are the far more radical and complex options. We develop improved decision support tools, design circular chains and rank new technologies and chain solutions on sustainability. Moreover, we develop technologies for recycling plastics and building materials that make a sustainable contribution to the circular economy.

For the transition to circular plastics, TNO aims to deliver the following results:

- Method and impact assessment model for different recycling technologies applied to different types of plastic products and materials based upon key aspects and properties of polymers;

- Plastic Recycling Impact Scenario Model (PRISM) inclusion different new sorting technologies, technology environmental and economic impact profiles and optimization functionality;
- Web-based packaging LCA model.

For the transition to circular buildings and infra, TNO aims to deliver the following results:

- PCR (Product Category Rules) and methods to assess the environmental potential of early TRL innovations and to forecast future impacts into cost-curves for asphalt incorporated in the next generation impact assessment;
- Development of a program with industry and the BTIC to stimulate a Circular Energy transition.

For the methodological renewal of impact assessment models and life cycle analysis, TNO aims to deliver the following results:

- Future Proof LCA; taking into account both the in-depth technology as well as an estimation of the future background scenario in order to assess future scenarios of sustainable and circular innovations;
- Approach to design circular offices and circular kitchens with industrial partners;
- Assessment of Circular Economy for the Smart Industry (CESI) with an approach to accelerate a circular economy for the manufacturing industry in cooperation with industry, provinces and government;
- Sustainable Business modelling and adoption

This program is aligned and harmonized with programs P510 Milieu en Duurzaamheid and P512 Environmental Technology, a new program Industrial Transformation as well as the relevant ERPs (including Decarbonisation, Intelligent Autonomous Preprocessing of Plastic Waste).

Korte beschrijving

The aims of this program are the following:

New design and production methods and impact analysis for *Transitieagenda Kunststoffen*:

- Development of methodology for circular material design based on value chain analysis for plastics. Effective and safe circular use of materials from complex multi-materials products for reuse, reduce, renew, recycling.
- Design for circularity incl safe-by-design and disassembly covering economic and ecological impact.
- Design of value chains using IMPACT (Integrated Method of sustainable Product Assessment for Circular Transition) methodology, EnvPack for packaging, LCA updates, scenario-based modeling and end-of-life options for NL and EU.

New design and production methods and impact analysis for *Transitieagenda Bouw*:

- Development of Next Generation Impact Assessment based on LCA methodology which includes the value of the environmental impact of building products. This method is more suitable to value circular economy or the potential of product innovations at an early TRL stage.
- In 2020 we aim to start a research program on the Circular Energy transition. The energy transition is the main development for renovation and new buildings and involves large material flows. The goal is to have an integral assessment of material use / circularity and energy performance that supports design optimization of buildings and building products. Development of technology for circular design and use of materials based on building material demand and supply of secondary materials.

Methodological renewal of environmental impact models, life cycle analysis and circular business modelling.

- Developing future proof Life Cycle Analysis and thereby offer insight in environmental impacts of the transition towards a circular economy. The development of Hybrid LCA will connect the macroeconomic models to environmental LCA, giving more insight in effects from specific life cycle information while taking into account the macro economic developments.
- Creating Circular Business models and introducing multiple values for integral assessments including environmental, health and social values: the first use cases will be demonstrated.

Resultaten 2020

New design and production methods and impact analysis for Transitieagenda Kunststoffen

The socio-economic and environmental assessment of circular plastics started for several new to be developed physical and chemical recycling routes, such as superheated dissolution and solvolysis. Preliminary assessments have been made for pyrolysis and gasification of plastics. Currently, a method and model is being developed that allows for extrapolation of these results for different recycling technologies to different plastic material and product types based upon key aspects and properties of polymers. This LCA matrix model enables systematic assessment as a basis for optimizing value chains (as a part of PRISM, see next paragraph). The result of 2020 is a more detailed LCA matrix model especially for gasification and pyrolysis.

The performance, development and upscaling of recycling technologies is also highly dependent on the developments of demand for recyclates of certain specifications as well as the supply of plastic waste stream (volume and quality). In order to quantitatively explore and optimize future developments of the Dutch plastic recycling system, the Plastic Recycling Impact Scenario Model PRISM has been developed for the Netherlands. The current 0.5 version includes all sector waste streams in terms of polymers and is able to combine these streams with different technically feasible recycling technologies. Remaining question is whether these recycling routes render the economically and environmentally optimal result for the Netherlands in 2030 and 2050 and how the parties involved can be stimulated to act accordingly (since benefits and costs are not distributed evenly over the chain partners). Hence, results for 2020 are the inclusion of different new sorting technologies, technology environmental and economic impact profiles (from the LCA matrix model) and a optimization functionality in order to make scenario calculations for the Netherlands in 2030 and 2050.

Since plastic (marine) litter is in the public perception a major driving force for plastics circularity, a review study has been conducted to develop a conceptual model for sources, sinks and transport of different types of plastic litter in aquatic ecosystems (published Marine Pollution Bulletin, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.04.029>). The types of impacts and values from this study are to be included in LCA studies. To this end, cooperation with research organizations such as UU, WUR, EMPA and CIRAIG is being initiated by organizing a Discussion Forum on this topic in Switzerland.

Plastics is only one type of material which can be substituted by many others. In order to investigate in early options for different packaging products and materials such as plastics, paper and carton, aluminum etc., the EnvPack model has been developed in the framework of TIFN and partly commissioned by KIDV. The model enables environmental impact assessment of different user defined packaging designs for 3 types of products and is currently being used by students. In 2020, this model is extended to include the most used packages to support brand owners and packaging producers in an early design of their packaging of products, i.e. in terms of circularity presentation, packaging options and materials (e.g. aluminum containing multilayers) and end-of-life treatment options. A web-based application will be delivered which can be used by different clients.

A program has been developed for BMC (Brightlands Material Center, a joint innovation center between TNO and Province of Limburg) to develop a new program line on Circular Packaging. The aim is to accelerate the transition to circular plastic packaging by innovations in redesign, recycling and impact assessment. The key challenge is to include material-specific life cycle approach to integrate design, use and recovery into full plastics value chains ranging from petrochemicals, plastic producers, laminate producers, packaging producers, brand owners and retailers and finally sorting, recycling companies. The aim of the BMC program line is to provide advice to converters/packaging producers/brand owners and retailers on redesigns of multi-layer flexible/rigid packaging by fulfilling functional requirements (barrier properties, protection) as well as meeting circular requirements using LCA methodology. BMC aims to develop technological capabilities to manufacture prototypes of multi-layer packaging and to test functional requirement and develop or get access to (small-scale) recycling technology facilities to test circular requirements (incl. sorting, mechanical recycling and thermochemical recycling).

Activities within the circular plastics are fully in line with:

- KIA Circular Economy MMIP1 design for circularity and MMIP 3 trust, behavior and acceptance.;
- IKIA Climate and energy MMIP6 Closure of industrial chains, sub-topic circular plastics with regard to the development of new recycling technologies and chains;

- NWA route Circular Economy.

New design and production methods and impact analysis for Transitieagenda Bouw

Next generation impact assessment will deliver results in 2020 on two specific topics, both focused on asphalt:

- The first result is a PCR (Product Category Rules) for the environmental assessment of asphalt products. The need of such a PCR is recognized both by several road authorities as by the asphalt producing contractors – as today environmental profiles of asphalt mixtures turn out to be too different to compare the results against each other. As comparability is a necessary requirement to use the data in green procurement, the sector has organized itself and has given TNO the position to develop this PCR, in strong cooperation with the contractors and consultancy companies. Part of the PCR is how to calculate the benefits of recycling (module D).
- The second result is the incorporation of methods to assess the environmental potential of early TRL innovations and to forecast future impacts into cost-curves. These cost-curves allow asset managers to formulate their future sustainability ambitions in a cost efficient way and to program innovation policies and procurement requirements.

In 2020 we planned to start a research program on the topic of the circular energy transition involving suppliers of energy concepts. We will initiate projects together with partners from the BTIC within the mission of Climate and Energy and the mission of Circular Economy.

Methodological renewal of impact assessment models and Circular Business Modelling and Adoption

The Environmental Impact Assessment and Life Cycle Assessment models need to be improved in order to lower environmental footprint and to reduce the use of primary materials by establishing future proof Life Cycle Analysis and make sustainability performance measurable on a quantitative and integral basis. This is achieved through knowledge development with strategic partners and through projects for the industry.

- Future Proof LCA: In the coming years we will further develop a strong knowledge base in order to assess future scenarios of sustainable and circular innovations. This means that the impact is assessed for 2030 and 2050 taking into account both the in-depth technology as well as an estimation of the future background scenario (e.g. energy mix, (sustainable) transport, etc.).
- Circular Design and the IMPACT model are being developed through projects with the manufacturing industry such as the project with the Dutch company Beter Bed. The impact model focuses on innovative measures in material chains and assesses Circular Economy and sustainability for society. In 2020 we aim to set up a program with industrial partners in order to design circular offices and circular kitchens.
- The Sustainable Portfolio Management focuses on (existing and new) production and functionality of products in the product portfolio and assesses how sustainable these are for society. This model is developed through projects with clients from the petrochemistry. We expect to broaden the markets towards other domains in 2020, resulting in new B2B projects.
- A strategic program has been set up to assess Circular Economy for the Smart Industry (CESI) together with provinces, ministry and a branch organization. In 2020 this project will evolve into a CESI 3.0 program where industry, government and knowledge institutes work together to accelerate a circular economy for the manufacturing industry.
- Sustainable Business modelling and adoption is a relatively new research field that comprises:
 - o A knowledge network on Circular Accounting
 - o A program on Policy by Simulation with UvA IAS and partners.

We connect to the transition agenda of the manufacturing industry and the KIA Circular Economy. We cooperate with the topsector HTSM through connecting to the Smart Industry Fieldlabs.

We work together with the Radboud University through a PhD for LCA development on the topics of Low TRL developments (in order to forecast environmental footprint when a technology is more mature in the future) and Hybrid LCA (coupling of macro-economic analysis to product or sector specific LCA's).

Dynamiek

The main development in the field of Circular Economy for buildings and Infra is to introduce a research topic on the Circular Energy transition. The energy transition is the main development for renovation and new buildings and involves large material flows. However, until now, limited attention is paid to decrease costs and impacts of these material flows by Circular economy. In 2020 we would like to set the agenda for this topic and start building on a research program that involves suppliers of energy concepts.

The field of Circular Economy is slowly consolidating and maturing. The Mission driven approach and key enabling technologies are in development.

TNO is scouting various initiatives of Circular Economy and has decided to join the following initiatives:

- Member Transition Team Plastics;
- Member National Platform Chemical Recycling;
- Member ECP4;
- Member of CEFLEX;
- Brightsite (program 2 on reduction naphtha and natural gas) ERPO24;
- Brightlands Material Center: program scoping for Circular Packaging – Design for recycling

A number of calls for EU and Netherlands consortia has been submitted and this program includes the TNO support for those if granted:

- TKI MUCIPACK: create new polyolefin based multilayer structures that protect good, end up in a monostream sorting fraction and are easy to recycle
- TKI IMPRES: recycling of waste electronic materials

Titel	Klimaatmiddelen I&W (P516)
Missie/ Topsector	Missie Circulaire Economie
Contactpersonen TNO	Marinke Wijngaard , Esther Zondervan, Arjan Hensen, Ilona Velzeboer
Contact extern	Marieke Gorrée, EZK

Programma jaar 2020 - Samenvatting

After the Paris agreement the need to better understand the balance of greenhouse gasses for the Dutch part of the European continent has become a hot topic. It is not only relevant to understand the current status of greenhouse gas sources and sinks but also the potential future changes of these sources and sinks in a changing climate. Emission inventory teams in the Netherlands and in the international community do the bookkeeping of emission sources and sinks. The uncertainty in these national and international budgets calculated with these bookkeeping methods are strongly linked to the difficulties in greenhouse gas measurement techniques. The latter provide the data on which, in the end, emission bookkeeping is based.

P516 replaces the EZK part of the former ECN environmental program and aims to reduce the uncertainties in greenhouse gas emissions from diffuse sources using state of the art experimental infrastructure.

This is done in a set of sub-projects that focus on specific scientific or policy relevant subjects. In 2020, three subprojects will be performed resulting in:

- Improved quantification of different N2O emission sources (animal waste, fertilizer industry and use, waste water, large water bodies, rivers and ditches).

- Improved estimates for methane gas emissions from oil and gas activities, using a combination of (Cabauw) tall tower, ground based mobile measurements and Tropomi data Implementation of the emission indicator for carbon dioxide, methane and nitrous oxides, the three most important greenhouse gasses.
- First time series of third generation halocarbons in the Netherlands.

Korte beschrijving

The long term aim of the program is to reduce the uncertainties in greenhouse gas emissions from diffuse sources using state of the art experimental infrastructure.

This program ensures the availability of the critical and unique infrastructure that allows quantification or evaluation of greenhouse gas emission or uptake. The focus is on diffuse sources and sinks that are difficult to quantify such as animal waste, fertilizer industry and use, oil and gas industry, waste water treatment, and water bodies. These sources contribute significantly to the Dutch GHG budget but even more to the uncertainty in the budget.

Resultaten 2020

In 2020 we will work on:

Improved quantification of different N₂O emission sources (animal waste, fertilizer industry and use, waste water, large water bodies, rivers and ditches). Several mobile experimental campaigns will be carried out around these sources.

Campaigns are foreseen in Zeeland at a major fertilizer production company and also downwind of waste water treatment facilities in North and South Holland. The campaigns envisaged for animal waste and oil and gas industry will be designed to link up with projects that are commissioned by other stakeholders.

The results of these campaigns are:

- The scientific results will be presented at the International Carbon Observation System (ICOS) MSC and ICOS conference meetings.
- In cooperation with Groningen University a PhD will get access to the data and use the result of the evaluation for peer reviewed publication. The latter will primarily focus on the emissions from agricultural sources. (Farm houses, manure storages, fertilized fields, polluted ditches at farms);

Improvement of the estimates for methane gas emissions from oil and gas activities, using a combination of (Cabauw) tall tower, ground based mobile measurements and Tropomi data.

The measurement record at Cabauw already covers over 25 years of historical data including methane. In 2019-2020 the Ruisdael investment programme (NWO) will lead to a significant upgrade of the measurement infrastructure at the Cabauw tall tower. One of the steps taken is the addition of continuous ethane measurements at Cabauw. With the mobile measurements in 2018 and 2019 we clearly demonstrated the measurement of ethane as a useful tracer for oil and gas industry related methane emissions (Ethane is co-emitted with fossil fuel methane, while ethane is not co-emitted with methane from cows or landfills). Ethane at Cabauw includes a 24-7 coverage of the ethane amount coming to the tower from all wind directions and thus from all kind of source areas. In 2020, we will evaluate various methods to estimate the oil and gas related emissions on the national scale using these measurements. This activity is building on work carried out in the NOGEPa experiments on the North sea in 2018 that aimed to reduce the uncertainty in the emission levels there.

For the methodological development, an important campaign is carried out in Romania in the MEMO EU project (ROMEo) in 2019. This campaign aims to further develop the land based mobile methane measurement techniques making a link between ground based, airplane and Tropomi concentration fields. In 2020, we will study the methane budget of the Netherlands in a similar way for which we will have access to a much larger dataset with the continuous data obtained at Cabauw, daily Tropomi overpasses, WUR-airplane measurements and all mobile transects available with the TNO truck. Close cooperation is foreseen with VU, RUG, UU and WUR to have students or PhD's that can work on the TNO data thereby generate a multiplier effect in terms of data interpretation and dissemination.

For the implementation of the emission indicator for the three most important greenhouse gasses, i.e. carbon dioxide, methane and nitrous oxides, we will implement a web-based visualization instrument that shows the calculation results on-line. At the web portal, we will also provide links to the ICOS carbon portal in which the real time Cabauw data and further analyses thereof is available.

Results of the methane and indicator analyses are:

- web portal online;
- the scientific results will be presented at the ICOS MSC and ICOS conference meetings;
- in cooperation with UU a PhD working part-time at TNO will get access to the data and use the result of the evaluation for peer reviewed publication.

Better understanding of the role of halocarbons and their emissions in the Netherlands/Benelux area.

The suite of all kind of different halocarbon gas species in the atmosphere have led to the problem of the ozone depletion in the stratosphere (the ozone hole). In order to overcome that, new chemical components were developed that have less effect on ozone. However, these new gasses turned out to be important greenhouse gasses. In total, these gasses now have a radiative forcing effect that comes close to the effect of N₂O (the third important greenhouse gas). The third generation of these halocarbon gases now have low ozone and low GHG impact, however, some of these new species might be toxic. Measurements in the atmosphere are lacking for the Netherlands (available in Switzerland and in the UK). In 2020 TNO will host a team from EMPA that (Switzerland) will carry out a campaign at the Cabauw tall tower. The results will give us information about the relative importance of emissions of these gasses within the Benelux area.

The results of this work are :

- The results will be presented at the ICOS MSC and AGAGE conference meetings.
- In cooperation with EMPA a PhD working will use the data and the results of the evaluation will be part of the thesis and peer reviewed publication.

Results of these projects are reported to EZK.

Cooperation & Connections:

The program is carried out in cooperation with KNMI for the part that uses the Cabauw tall tower observations. The halocarbon part of the program will run in cooperation with the Swiss team at EMPA.

In 2019 parts of the program are linked with the MEMO EU project which facilitates exchange of data obtained from this program with other parts of the MEMO project. The co funding part of this project thereby serves as a multiplier. In 2020 measurements of CH₄ and N₂O emissions are also shared with oil and gas projects and with agricultural research projects at the Universities of Utrecht and Groningen.

This program connects to the route "Kwaliteit van de omgeving: de waarden van natuur, landschap, bodem, klimaat, water en milieu (15)" in the national science agenda. Content wise it contributes to the KIA Energy transition and Sustainability (The development of emission verification systems) and the KIA Agriculture, water and food (quantification of emissions from agricultural activities).



Figure 1. Measurement Van including GHG and aerosol measurement instruments

Dynamiek

In previous years this program was running at the environmental research team of ECN Petten. When ECN merged with TNO in 2019 the funding of the EZK project was changed to this VP 516.

The program is reevaluated on an annual basis and the ingredients of the program are redefined in good cooperation with the EZK team. In 2019 the main focus was on CH₄ source studies, which shifts in 2020 to N₂O. For 2020 and 2021 we will also address indirect greenhouse gases such as H₂ and CO. The effects of sustainable live-stock housing and bio-digestion on CH₄, CO₂, N₂O and NH₃ emissions is also an issue that will need more attention.