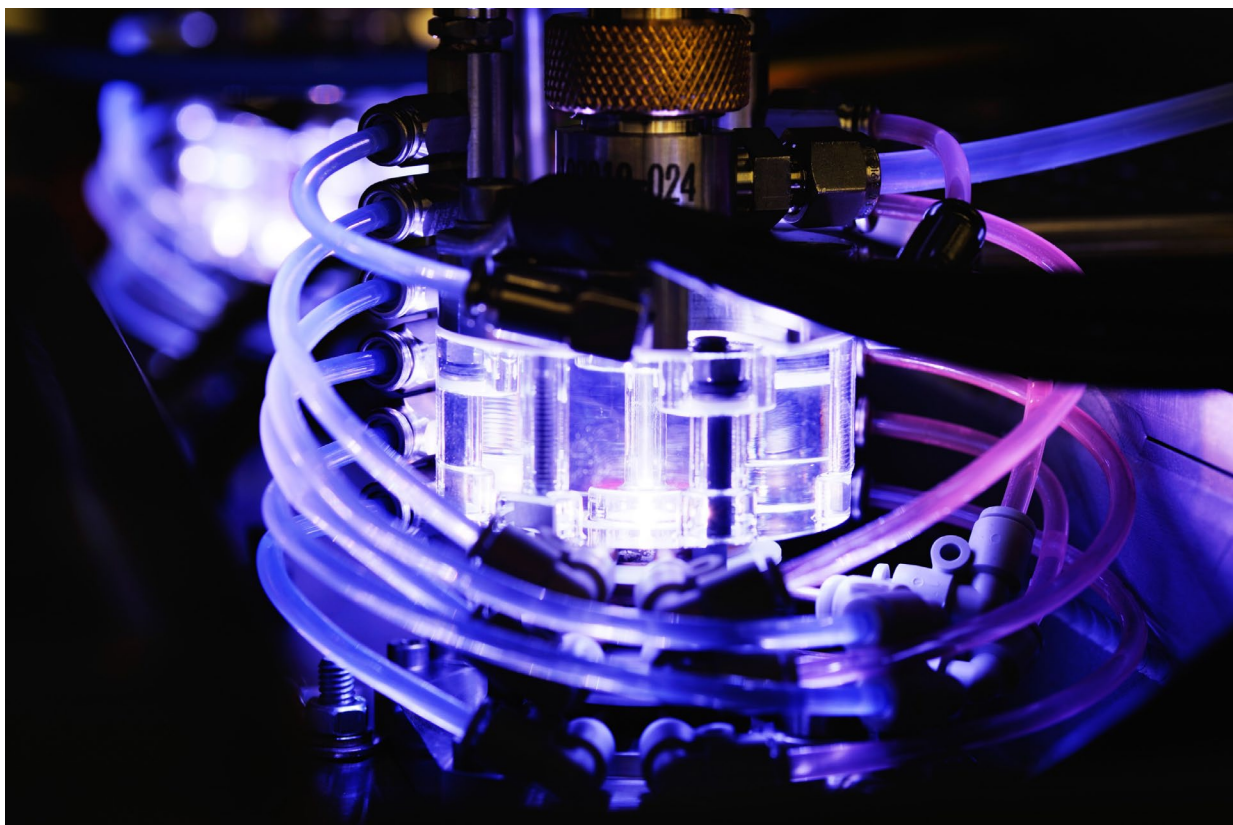




Chem.I.KIA:

De bijdragen van Holland Chemistry aan de Kennis en Innovatieagenda's op de missies en sleuteltechnologieën (2020-2023)

Holland Chemistry is de benaming die de stichting TKI Chemie geeft aan de uitvoering van het beleid van de Topsector Chemie, een van de sectoren waar het Nederlandse bedrijfsleven en onderzoekscentra wereldwijd in uitblinken.

Het bedrijfsleven, universiteiten, onderzoekscentra en de overheid werken samen aan kennis en innovatie om deze positie nog sterker te maken. Binnen iedere Topsector hebben de partijen zich gebundeld in Topconsortia voor Kennis en Innovatie (TKI). De TKI's hebben onderzoeksagenda's en doelstellingen opgesteld voor de komende jaren.

Chem.I.KIA: De bijdragen van Holland Chemistry aan de Kennis en Innovatieagenda's op de missies en sleuteltechnologieën (2020-2023)

Leeswijzer

Holland Chemistry heeft in het vorige stadium van het topsectorenbeleid in 2015 beschreven hoe in de subdisciplines van de chemie innovaties gerealiseerd kunnen worden. Deze beschrijving is gedaan langs 4 roadmaps in publiek privaat samenwerkingsverband. We lieten als Holland Chemistry zien hoe die innovaties van belang zijn voor de maatschappelijke uitdagingen van deze tijd en het verdienvermogen van de Nederlandse Economie: groene en duurzame chemie voor slimme oplossingen en materialen gevoed door hoogstaand wetenschappelijk onderzoek. Het op 26 april 2019 door het kabinet aangenomen nieuwe missiegedreven innovatiebeleid vraagt echter om een kanteling. Hoe kan –gedacht vanuit concrete missies- de chemie bijdragen aan een duurzame, veilige en gezonde toekomstige samenleving, en welke sleuteltechnologieën en –methodologieën zijn daarbij cruciaal? De oorspronkelijke subdisciplinaire roadmaps hebben daarmee niets aan relevantie ingeboet, maar het heeft ons wel voor de taak gesteld om expliciet per missiethema, de bijdrage vanuit de chemie op te schrijven. In dit document zijn de beschrijvingen opgenomen van deze bijdrage per missiethema. Onze bijdrage komt samen met die van andere topsectoren, bij coördinatoren die daarmee de overkoepelende Kennis en Innovatieagenda's (KIAs) opstellen. Voor het gemak en de herkenbaarheid hebben we onze gebundelde bijdrage de naam **Chem.I.KIA** gegeven. We volgen in de Chem.I.Kia allereerst de indeling van de missiethema's: 1. Energietransitie en Duurzaamheid 2. Landbouw, Water en Voedsel 3. Gezondheid en Zorg 4. Veiligheid. Hierbij tekenen we aan dat de vastgestelde missie op veiligheid vooral gericht is op *security* en dat de relatieve bijdrage vanuit de chemie gering is. Daarna volgt de bijdrage aan de sleuteltechnologieën en tot slot de bijdrage aan de zogenaamde "KIA-6" waarin sectorspecifieke uitdagingen en verdienvermogen aan bod komen.

Omdat innovatie zich niet laat beperken door landgrenzen en wel door onvoldoende menselijk kapitaal besteden we in de inleidende hoofdstukken nog extra aandacht aan de internationaliseringsagenda en de *Human Capital Agenda*.

Inhoudsopgave

	Pagina
0 Inleiding	3
1 Bijdrage Chemie Energietransitie en Duurzaamheid	10
1a Missiethema Klimaat en Energie	13
1b Missiethema Toekomstbestendige mobiliteitssystemen	17
1c Missiethema Circulaire Economie	20
2 Bijdrage Chemie aan Missiethema landbouw, water, voedsel	23
3 Bijdrage Chemie aan Missiethema Gezondheid en Zorg	25
4 Bijdrage aan Veiligheid	28
5 Bijdrage Chemie aan Sleuteltechnologieën	29
6 Maatschappelijk verdienvermogen	30

Inleiding

Chemie is een creatieve wetenschap die zich richt op het ontwerp van zowel materialen als materiaalomzettingen: chemische reacties. De chemische industrie speelt een centrale rol in de missie energie & klimaat: via electrificatie. In de circulaire economie zullen nieuwe energiezuinige “chemische reactoren” recyclings- en productieprocessen ontworpen moeten worden. De chemie is zelf daarmee deel van de uitdaging en tegelijkertijd ook de *enabler* van de oplossingen voor beide missiethema’s.

Deze dubbele verantwoordelijkheid heeft tevens een belangrijke plek in de R&D-strategieën op interregionaal, Europees en wereldwijd niveau. De acties die in het missiegedreven beleid op de agenda staan, komen vrijwel integraal terug in de Trilaterale strategie voor het ARRRR (Antwerpen – Rotterdam – Rhine – Ruhr Area) cluster. Dit is het grootste verbonden chemiecluster ter wereld. Het momentum voor de eerste grote pilots en demos voor een CO₂ neutrale chemische industrie lijkt daar al te ontstaan. Het valt te verwachten dat dit onderwerp daarmee een vooraanstaand onderdeel zal worden van de SUSCHEM-ETP agenda en van de SPIRE-programmering binnen Horizon Europe.

Voor de missie ‘landbouw, water en voedsel’ wordt kennis van nieuwe chemische processen ontwikkeld ten behoeve van de witte biotechnologische productie en waterzuivering. Voor veilig en gezond voedsel zullen in toenemende mate complexe productieprocessen een rol spelen waarin chemie een belangrijke rol speelt. Nieuwe sensoren kunnen bijdragen aan duurzame landbouw en aan een vermindering van voedselverspilling.

Sensorontwikkeling komt ook sterk terug in het missiethema gezondheid en zorg, voor onder meer point-of-care diagnostiek. De basale chemische kennis van moleculaire processen vormt de basis in de zoektocht naar nieuwe, meer effectieve moleculaire markers in de diagnose en behandeling van ziekten.

Ook het missiethema ‘veiligheid’ bevat opgaves waar de chemie een rol zal spelen, onder meer door de ontwikkeling van nieuwe materialen en sensoren. Dit missiethema is voornamelijk gericht op digitale en militaire veiligheid. Aangezien de bijdrage van de chemie hier als minder direct wordt gezien is de beschrijving daarvan beknopter dan voor de overige missiethema’s.

De chemie heeft een belangrijke rol in het ontwikkelen van een aantal sleuteltechnologieën (zowel de *emerging* als de *enabling*). Dat is duidelijk zichtbaar in de sleuteltechnologiegroepen *Chemische Technologieën*, *Advanced Materials* en *Life Science Technologieën*. Secundair zijn ook *Engineering and Fabrication Technologieën* en *Photonics and Light Technologieën* van belang. In deze Chem.I.KIA presenteren wij een overzicht van de ingediende meerjarenprogramma’s die onderdeel zijn geworden van de nationale agenda: *Evidence Based Sensing*, *Soft Advanced Materials*, *Electrochemische conversie en materialen en industriële electrificatie*, *Katalyse en Procestechologie*, *Meten en Detecteren* en *Bridge – life science technologies*. Daarnaast zijn er een aantal MJP’s die door Holland Chemistry worden ondersteund opgenomen in de nationale KIA sleuteltechnologieën. Voor het volledige overzicht van chemie als sleuteltechnologie verwijzen we naar de technologische roadmaps van de vier [hoofdpijnen van de sector](#).

Tot slot is er een aantal programma's, voortkomend uit de organisatie van de Holland Chemistry, die van belang zijn voor het verdienvermogen van de sector en/of de ontwikkeling van regionale verbanden en kennisinfrastructuur. Deze programma's zijn door het TKI Chemie aangemeld voor de topsectorspecifieke 'KIA 6'.

Samenvattend kan gesteld worden dat de Chemie een centrale rol zal spelen in vrijwel alle missies van de Kennis & Innovatie Agenda. De sector weet als geen ander dat dit alleen zal slagen wanneer over sectoren heen wordt verbonden, en wanneer de ketens van fundamenteel tot de pilot en demo aan elkaar worden geknoopt.

0.1 Verbindingen

De chemische communities van kennis en bedrijfsleven hebben elkaar steeds gevonden in de vier grote subdisciplines van de chemie. Zowel in de communities of innovation als de programmaraden die de kansen voor samenwerking telkens weer vormgeven en de *roadmaps* bewaken en aanjagen is die disciplinaire organisatie te herkennen: CoAM, CCPT&S, CoL en CND. Om tot de bijdrage aan de missies te komen moet op meerdere niveau's interdisciplinair samengewerkt worden. Hieronder is in een tabel weergegeven hoe de disciplines betrokken zijn, zijnde maatschappelijke uitdagingen en sleuteltechnologieën.

	Betrokkenheid programmaraden bij Maatschappelijke Uitdagingen en Sleuteltechnologieën																
		Energieparadijs en Duurzaamheid Klimaat	Energieparadijs en Duurzaamheid	Toekomstbestendige Energieparadijs en Duurzaamheid Circulaire Economie	Gezondheid en Zorg	Landbouw, Voedsel en Water	Veiligheid	Advanced Materials	Chemical Technologies	Life Science Technologies	Photonics and Light Technologies	Digitale Technologieën	Engineering and Fabrication Technologieën	Quantum Technologieën	Nano Technologieën		
Programma's	Chemical Conversion and Process Technology	●	●			●		●	●	●			●				
	Chemistry of Advanced Materials	●	●	●		●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	
	Chemistry of Life				●	●		●	●	●							
	Chemical Nanotechnology and Devices	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●				●	
●	Programma's sterk betrokken bij de maatschappelijke uitdaging / ontwikkeling van de sleuteltechnologie																
●	Programma's betrokken bij de maatschappelijke uitdaging/ontwikkeling van de sleuteltechnologie																

Het beeld wordt nog vollediger wanneer je in kaart brengt hoe de verschillende programmatische initiatieven van Holland Chemistry zoals die in de afgelopen 3 jaar in gang zijn gezet, verbinden met missiethema's en de afzonderlijke groepen sleuteltechnologieën. Hier is de rol van chemie als *enabler* duidelijk zichtbaar. Alle programmatische initiatieven van Holland Chemistry dragen in grote mate bij aan meerdere missiethema's en/of sleuteltechnologieën. Verbinding met andere sectoren is in veel gevallen wenselijk of zelfs noodzakelijk om het maximale potentieel van innovaties te benutten.

	Connecties Holland Chemistry initiatieven met Maatschappelijke Uitdagingen en sleuteltechnologieën															
		Energietransitie en Duurzaamheid: Klimaat en energie	Energietransitie en Duurzaamheid: Toekomstbestendige	Energietransitie en Duurzaamheid: Circulaire Economie	Gezondheid en Zorg	Landbouw, Voedsel en Water	Veiligheid	Advanced Materials	Chemical Technologies	Life Science Technologies	Photonics and Light Technologies	Digitale Technologieën	Engineering and Fabrication Technologieën	Quantum Technologieën	Nano Technologieën	KIA Maatschappelijk verdienvermogen
Programmatische Initiatieven	Materialen NL, waaronder SAM, Mat4Sus, BPM, en BMC															
	ElektroChemische Conversie en Materialen (ECCM)															
	Evidence Based Sensing															
	Future Medicine Initiative															
	GoChem															
	Safety Delta Nederland															
	ARC CBBC (al gestart)															
Ingediende MJPs	Evidence Based Sensing															
	Chemische recycling															
	Katalyse en Procestechnologie															
	Meet- en Detectietechnologie															
	Chemical Technologies for medical innovation															
	Programma draagt sterk bij aan de maatschappelijke uitdaging / de sleuteltechnologie															
	Programma draagt bij aan de maatschappelijke uitdaging / de sleuteltechnologie															
	Programma is randvoorwaarde (product en omgevingsveiligheid is <i>license to operate</i>)															

Internationale agenda

Het behoeft geen toelichting dat maatschappelijke uitdagingen noch kennis en innovatie gebonden wordt door nationale grenzen. De internationale agenda van Holland Chemistry bestaat uit de onderdelen R&D-samenwerking (kennis en innovatie), handelsbevordering en strategische acquisitie. De focus van de activiteiten ligt vooral op het eerste.

Het ligt voor de hand dat Nederland:

- focust op innovatieopgaven die niet alleen relevant zijn voor Nederland, maar waarvoor Nederland ook relatief goed gepositioneerd is en dus ook concurrentievoordeel en export kan behalen; maar ook:
- onderkent waar de positie van Nederland mede door wordt beïnvloed, of afhankelijk wordt van, innovatieopgaven van (buur)landen;
- samenwerkt met andere landen en overheden om schaalgrootte te bereiken en collaterale gevolgen van de voorliggende missies aan te pakken.

ARRRA (trilaterale samenwerking)

Wat betreft samenwerking ligt de Europese Commissie (bv Horizon Europe en het Innovatie Fonds) voor de hand. Maar voor de chemische industrie bestaat nog een andere zeer aantrekkelijke samenwerkingsmogelijkheid, zowel binnen als buiten dit EU-kader: regionale crossborder samenwerking zoals beoogd in de Trilaterale Strategie. Deze is opgezet door de overheden van Nederland, Vlaanderen en Noordrijn-Westfalen, en betreft een samenwerking tussen overheden, bedrijven en kennisinstellingen op basis van een gedragen strategische agenda. Deze agenda is tot stand gekomen vanuit de observaties dat:

- de chemische industrie in de Trilaterale Regio een significante veroorzaker is van broeikasgasemissie;
- de chemische industrie in de Trilaterale Regio thans zeer nauw verbonden is door een gedeelde infrastructuur van fossiele energie en grondstoffen, alsmede de hierop tot stand gekomen mondiaal-competitieve waardeketens van grootbedrijf en MKB: crossborder door de Trilaterale Regio en met een nauwelijks te overschatten economische impact; en vanuit de urgentie dat:
 - innovatie en groei noodzakelijk zijn om het concurrentievermogen van de Chemische Industrie in een vergrijzende Trilaterale Regio op een mondiale markt te vergroten, en
 - drie nationaal-gestuurde Transitie's niet noodzakelijkerwijs de beste manier voor Nederland is.

Uitvoering van de Trilaterale Strategie geschiedt d.m.v. drie Tafels, waarbij de Innovatietafel door Nederland geleid wordt. Deze Innovatietafel is gericht op de opschaling, validering, demonstratie en integratie van technologieën en systemen (mede via de Energie- en Infrastructuurtafels) waarmee doelstellingen voor grondstoffen en energietransitie op efficiënte wijze binnen de drie regio's van de Trilaterale Regio kunnen worden bereikt. Uitgaande van een diagnose van de broeikasgasemissies en hierdoor erkende behoeften van de chemische industrie zijn vanuit deze Innovatietafel 7 thema's en bijbehorende industriële vraagstellingen gedefinieerd. De noodzaak van Trilaterale crossborder samenwerking en de principiële bereidheid om Trilateraal samen te werken in consortia door chemische industriële bedrijven werd vervolgens door de Industrie vastgesteld. Voor elk van deze thema's hebben industriële bedrijven vervolgens in workshops concreter gemaakt wat de innovatieopgave in trilateraal verband de-facto inhoudt en het eerste consortium is inmiddels gestart.

Het ligt voor de hand specifieke calls zodanig op te zetten dat het meedoen aan deze, vanuit de Overheden opgezette Trilaterale Strategie in beginsel een voordeel oplevert bij de evaluatie van de calls – ervan uitgaande dat deelnemende bedrijven mee investeren. Een weloverwogen koppeling van de nationale agenda voor de Chemische Industrie (MMIP, InvestNL) met die van Vlaanderen en Noordrijn-Westfalen (en vervolgens ook de EU) heeft namelijk voordelen:

- het biedt de regionaal met Vlaanderen en NoordRijnWestfalen zeer nauw verbonden, maar in essentie internationaal-opererende chemische industrie (met vaak meerdere vestigingen binnen de Trilaterale Regio) een consistent regionaal innovatiebeleid binnen een gedeelte van de wereld dat er industrieel mondiaal toe doet;
- trilateraal-geïnitieerde innovaties werken verbindend en hebben bij implementatie een vergrote impact: coherentie van de transitie in de regio, verhoging van de mondiale concurrentiepositie; gelijksoortige maatschappelijke impact in de drie landen met nieuwe mogelijkheden voor crossborder samenwerkingen inclusief grenswerkers;
- het verhoogt de kansen voor de innovatieve Nederlandse industrie en MKB voor crossborder waardeketens van een duurzame economie;

- geïnduceerde consequenties voor de toekomstige infrastructuur van energie- en grondstoffen alwaar die van trilateraal belang zijn, worden door coherente innovatieagenda's beter manifest en kunnen alsdan gezamenlijk worden aangepakt;
- Het drukt de kosten en de risico's van het realiseren van de innovatieopgaven voor Nederland zonder dat dit ten koste gaat van resultaten waar Nederlandse partijen aan meewerken en directe toegang toe hebben.

EU

Naast de trilaterale strategie voor het ARRRRA cluster loopt de Europese verbinding vooral via SuschemNL. De voornaamste activiteit is een betere aansluiting bij en benutting van de EU Horizon programma's. In de SIRA, de strategische agenda van het Europese technologie Platform Suschem, is de relatie met de ambities en de roadmaps in de KIA gevat. De mogelijkheden in het Horizon programma worden momenteel al redelijk benut, maar er liggen nog meer kansen voor consortia met Nederlandse partijen. SuschemNL zal dit blijven aanjagen met voorlichting, informatie over relevante calls en constructieve feedback op voorstellen in ontwikkeling.

Publiek-private samenwerkingskansen in andere prioriteitslanden

EZK en het Chinese Ministry of Science and Technology (MOST) zijn een MoU aangegaan in zake een Program of Cooperation in de chemie. Vanuit Nederland is de ambitie om samenwerking te realiseren tussen de consortia van de grotere programmatische initiatieven zoals CBBC en SAM met vergelijkbare Chinese consortia. De eerste gezamenlijke 'call' met CBBC op duurzame coatings wordt in 2019 uitgewerkt.

Internationale kennisversterking aan de basis

NWO werkt op landelijk niveau samen met zusterorganisatie NSFC (Natural Science Foundation of China) en op regionaal niveau met de Science & Technology Commission van de Chinese provincie Guangdong (GDST). Met beide worden bilaterale projecten in de chemie gefinancierd. Het NSFC programma' richt zich op fundamenteel publiek onderzoek, het GDST programma op fundamenteel publiek-privaat onderzoek met als doel excellent onderzoek ten behoeve van innovaties bij bedrijven. NWO is als medefinancier van ARC-CBBC ook nauw betrokken bij de MOST-EZK samenwerking.

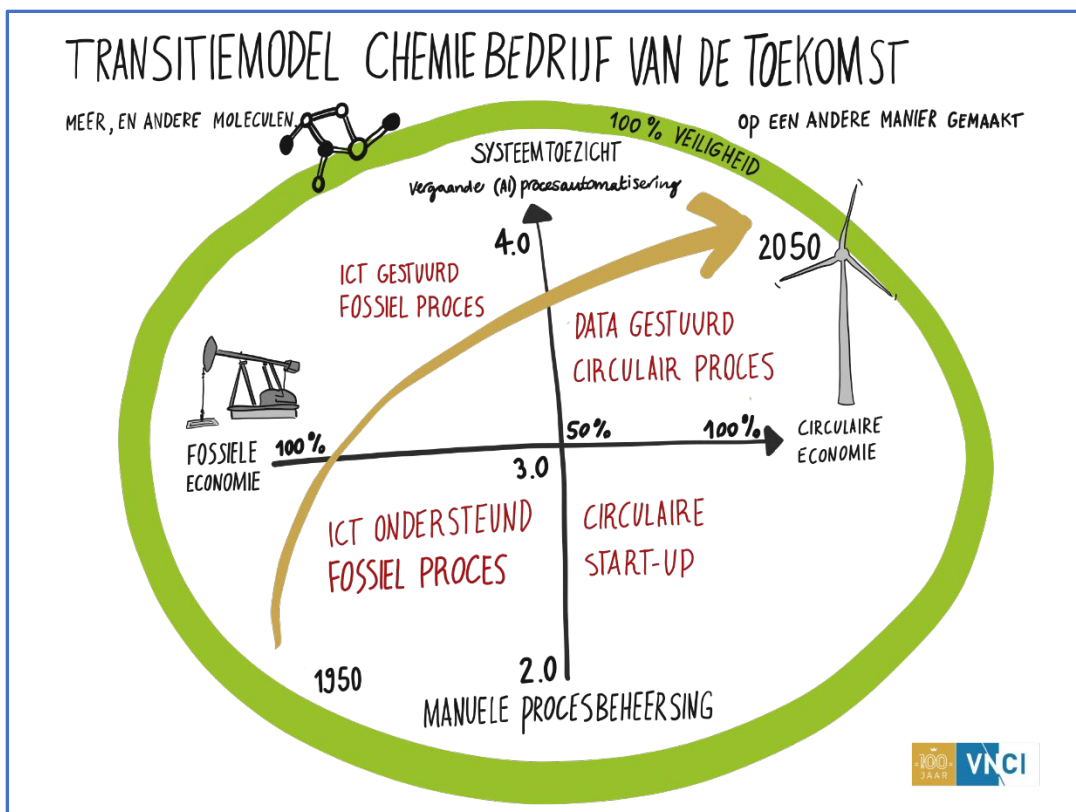
Verkenningmissies in China/Japan/Duitsland/VS

Op het gebied van (chemische) recycling en circulaire economie hebben verkennende missies plaatsgevonden naar China en Japan. Later dit jaar volgt een missie naar Duitsland en volgend jaar de Verenigde Staten. Deze missies scherpen de ideeën over de invulling van de KIA op Klimaat en Duurzaamheid: ze vormen de *benchmark* voor de technology gap ten behoeve van de klimaatdoelstellingen voor de chemische sector. Er wordt via deze weg geïnventariseerd voor welke oplossingsrichtingen het voor Nederland gunstig is de samenwerking te zoeken, om de benodigde innovatieportfolio completer, sneller of betaalbaarder te maken.

0.3 Human Capital agenda

Als onderdeel van het missiegedreven innovatiebeleid verdient ook het onderwerp Human Capital grote aandacht in de KIA 2020-2023. Een gezonde en innovatieve sector kan niet zonder goede mensen. Opbouw van technologie en van kennis en kunde (in de hoofden en 'handen' van mensen) zullen ook in de toekomst voortdurend hand in hand moeten (blijven) gaan.

De uitdagingen voor de chemiesector op het gebied van innovatie zijn groter dan ooit. De onderstaande figuur toont een grafische weergave van de transitiedynamiek van de chemiesector tussen 1950 en 2050. Uit de figuur blijkt duidelijk dat zowel op het gebied van duurzaamheid als digitalisering nog een grote (simultane) slag gemaakt moet worden. Het gaat echter niet alleen om procesinnovatie. Ook de (nieuwe) producten van de chemiesector zullen moeten passen in een 100% duurzame economie.



Binnen de huidige en nieuwe human capital agenda zijn twee thema's bijzonder relevant:

- Bemensing van de sector is een groot zorgpunt vanwege de hoge natuurlijke uitstroom van de chemiesectoren gedurende de komende jaren (30% in 2030; 50% in 2040). Gezien de heersende arbeidsmarktkrapte van technisch personeel in alle sectoren is verbetering van het imago van de chemiesector een grote uitdaging.
- (Technische-) skills en competenties/ gedragscompetenties van de medewerker/ chemicus van de toekomst moeten worden afgestemd op de transitieopgaven waar de sector voor staat. Door de toenemende snelheid van innovatie zal met name ook het thema "Leven Lang Ontwikkelen" prominenter op de agenda moeten komen te staan.

De afgelopen jaren is de rol van de Holland Chemistry voor het eerste thema vooral monitorend en stimulerend geweest. Het gaat hierbij om:

- Opbouwen en onderhouden van kennis over de arbeidsmarktsituatie in relatie tot uitstroom vanuit opleidingen (arbeidsmarktdashboard)
- Supporten van organisaties (o.a. Stichting C3) en events (o.a. Global Woman's breakfast, Nationale Scheikunde Olympiade) om de opleidingsvijver groter te maken door de keuze van jongeren in het algemeen en vrouwen in het bijzonder voor beta- en techniek te stimuleren.
- Supporten van de talentenprogramma's voor (chemische) topstudenten in het hbo en w.o. (75 nieuwe studenten per jaar van COAST, ISPT, VNCI en NWO).
- Supporten van duurzame inzetbaarheidsinitiatieven met AWWN en OVP (subsidies, workshops)
- Aanjagen van het bewustzijn bij bedrijven dat men zelf in actie moet komen ("human capital alert")

Voor het tweede thema is de rol van de Topsector gericht geweest op eco-systeem inrichting en op visie ontwikkeling/aanjagen van het transitieproces. Het gaat hierbij om:

- stimuleren van publiek private samenwerkingen tussen bedrijven en studenten/kennisinstellingen via 5 COEs, 5 CIVs en 5 RIFs om leerprocessen te organiseren, dichtbij de praktijk (bijv. "Plant of the Future" in Brielle).
- stimuleren van nieuwe practoraten (processtechniek), lectoraten (biobased, kunststoftechnologie) en leerstoelen (electrochemie) in de chemie
- aanjagen van curriculumontwikkeling in het onderwijs (mbo, hbo, wo) met betrekking tot de onderwerpen duurzaamheid, digitalisering, veiligheid en soft skills
- organiseren van workshops met het werkveld voor visie-ontwikkeling over de chemicus en docent van de toekomst.
- opzetten van samenwerkingen met andere topsectoren op het gebied van ondermeer ICT en onderwijs innovatie (Learning communities)

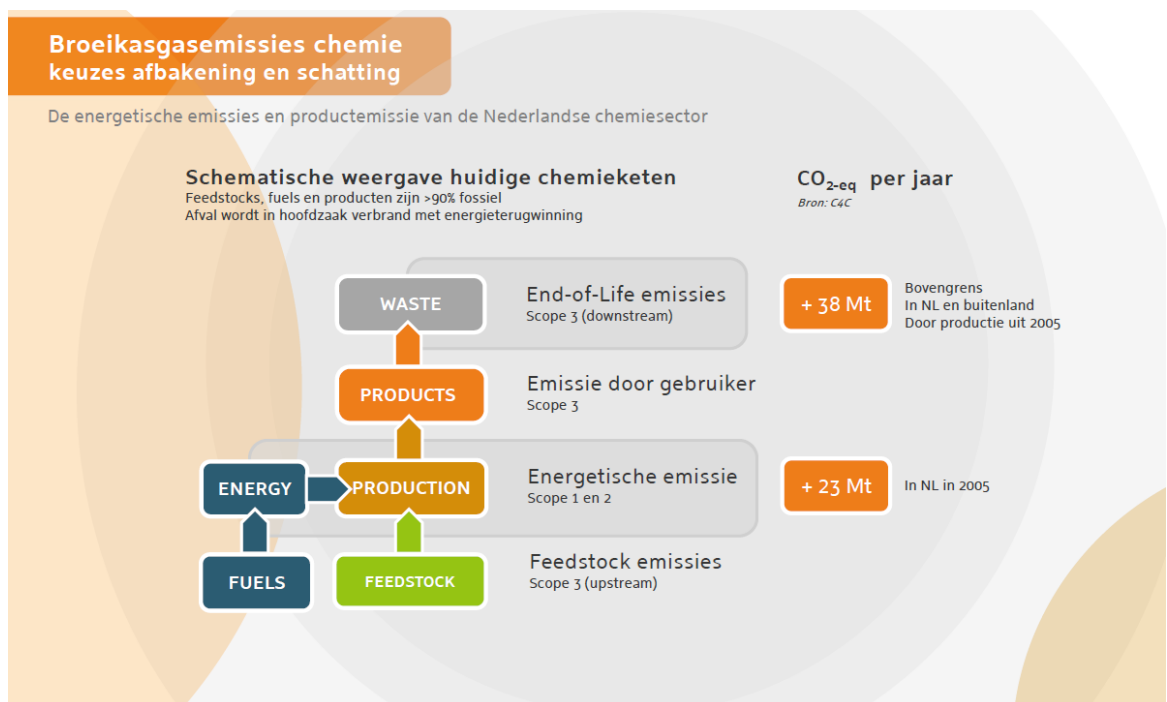
Ook in de komende HCA zullen deze thema's op de agenda (moeten) blijven staan. Qua resources betekent dit het volgende:

- In cash zullen met name de arbeidsmarktmonitor en de talentenprogramma's een voortgezette investering vergen van de Topsector (kosten ca 150 keur/jaar).
- In natura zal er voortgezette aandacht nodig zijn voor ontwikkeling van vaardigheden en competenties, op alle opleidingsniveaus, in samenwerking met bedrijven en opleidingen om het missiegedreven innovatiebeleid vorm te geven (kosten ca 25-50 keur/jaar). Bij deze laatste activiteit zal nadrukkelijk de samenwerking met de overige topsectoren worden gezocht. Daarvoor wordt verwezen naar de integrale Human Capital Agenda in de KIA.

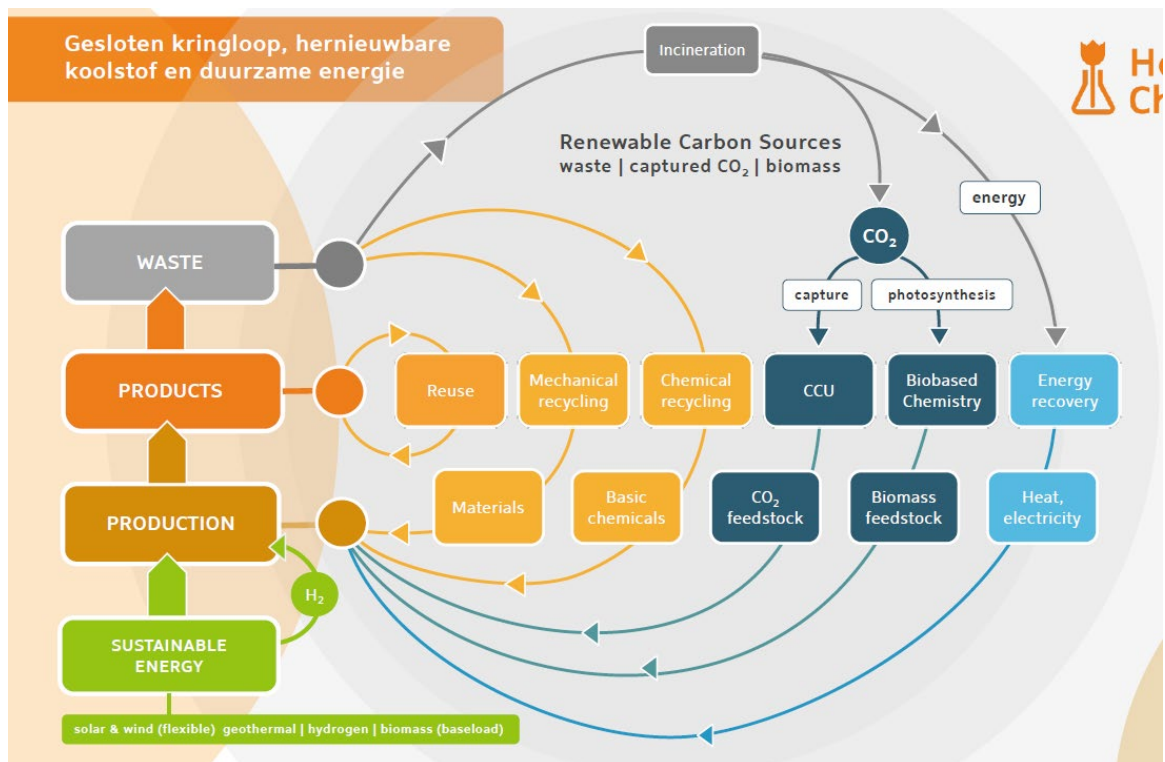
1. Energietransitie en Duurzaamheid

De uitdagingen voor de maatschappij rondom de missiethema's energietransitie en duurzaamheid zijn enorm en grijpen op velerlei manieren op elkaar in. De chemie is daarin een prominente actor; als deel van het probleem en als deel van de oplossing. Voordat we in 1a en 1b uiteenzetten hoe de bijdrage van de chemie in de KIA's tot uitdrukking komt is het noodzakelijk dat we de positionering van de chemie hierin visualiseren. De opgaven die uit het klimaatakkoord en de transitieagenda's circulaire economie komen, vragen om een integrale portfolio benadering van de innovaties die gerealiseerd moeten worden om de doelstellingen van de akkoorden te bereiken. In de opmaat hiernaartoe heeft Holland Chemistry een portfolio én *gapanalyse* uitgevoerd onder de naam Klimaat-PITCH.

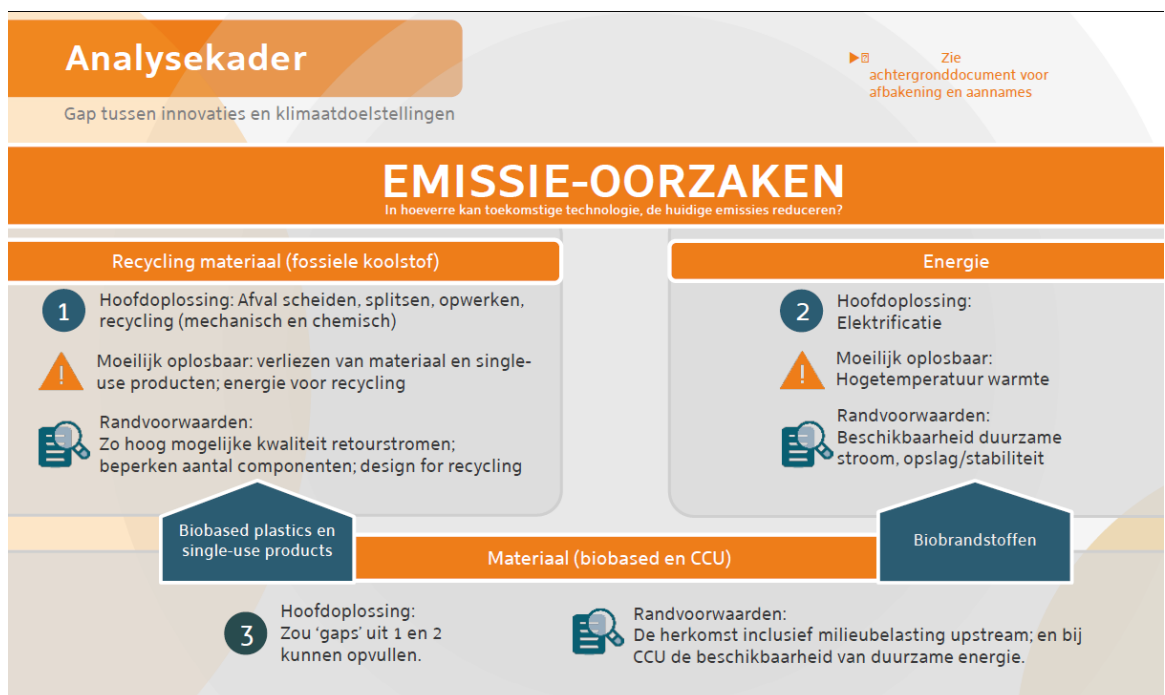
Onderstaand figuur laat de reductieopgave van de chemische sector zien. Die betreft niet alleen de CO₂ (equiv) emissies aan de schoorsteen van de industrie als producent (I). Omdat de materiaalkringlopen (bijvoorbeeld die van de kunststoffen) nog verre van gesloten zijn, is de impact op emissies *end-of-life* (II) nog een factor anderhalf groter. Dat laat onverlet dat vele van de producten op zichzelf weer een kritieke rol kunnen spelen bij de reductie van broeikasgasemissies in andere sectoren (denk bijvoorbeeld aan lichtere materialen in de mobiliteitssector).



De chemie als sector heeft aangegeven dat er scenario's denkbaar zijn waar de emissiereductiedoelstellingen van 2030 en 2050 haalbaar zijn. Daarvoor wordt echter gerekend op het kunnen inzetten van vele innovaties. De terechte vraag ligt voor of de huidige pijplijn met innovaties voldoende robuust is om aan de opgave te kunnen voldoen. In ons toekomstbeeld voor een klimaatneutrale chemiesector, is de lineaire productieketen een deel geworden van een gesloten kringloop.



Om de emissieoorzaken in alle scopes aan te pakken volgt uit deze circulaire benadering de focus op de volgende oplossingen en moeilijk oplosbare) uitdagingen:



Om een inschatting te maken van de robuustheid van de innovatiepijplijnen voor de deeltechnologieën die passen in bovenstaande kringloop zijn experts bevestigd. Enerzijds om een goede inschatting te krijgen van het huidige TRL niveau, en de factoren die de snelheid van doorstroming/opschaling bepalen, anderzijds om de impact te bepalen op energievraagreductie, fossiele C en klimaat (CO2 reductie).

Circulaire economie

Expert assessment volwassenheid en impact van hernieuwbare feedstocks

	MMIP	Technologiegroep	Impact			TRL								
			Energie vraagreductie	Fossiel substitutie	Klimaat CO ₂ reductie	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Circulaire kunststoffen	6.1	1. Design for circulariteit	++	++	++									
	6.1	2. Afvaldetectie en -scheiding	++	++	++									
	6.1	3. Mechanische recycling	++	+	++									
	6.1	4. Solvolyse (Oplossen)	?	+	+									
	6.1	5. Depolymerisatie	?	+	+									
	6.1	6. Pyrolyse	0/+	0/+	+/?									
Biobased grondstoffen	6.1	7. Vergassen (syngas)	0/+	0/+	+/?									
	6.2	8. Biobased vinylpolymeren	0/?	0/+	0/?									
	6.2	9. Biobased polyesters	0/?	+	+/?									
	6.2	10. Bioplastics polyamides en rubbers	0/?	+	+/?									
	6.2	11. Biobased single use producten	0/?	+	+									
	6.2	12. Biobrandstof 1* generatie	0/?	0/+/?	0/+/?									
	6.2	13. Biobrandstof 2* generatie	0/?	+/?	+/?									

Effect: ++ zeer positief; + positief; 0 neutraal; - negatief; ? Onzeker

Effect op de gehele keten, beoordeeld ten opzichte van huidige systeem
Er is aangenomen dat aan alle niet-technische randvoorwaarden kan worden voldaan

Hernieuwbare energie(dragers)

Expert assessment volwassenheid en impact van warmte, waterstof en elektrificatie

	MMIP	Technologiegroep	Impact			TRL								
			Energie vraagreductie	Fossiel substitutie	Klimaat CO ₂ reductie	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Warmte	7.3	14. Geothermie / restwarmte	0/?	++	+									
	7.2/8.1	15. Wärmepomp	++	++	++									
	7.2/8.1	16. Elektrisch verwarmen	+/?	++	+									
HT Warmte	7.4	17. Waterstof boiler	0	+/?	+/?									
	7.4/8.1	18. Fornois	0	++	+/?									
	7.4/8.1	19. Overige	0	+/?	+/?									
Waterstof	8.1	20. H ₂ via elektrolyse	--	++	++									
	6.2 / 8.1	21. H ₂ uit methaan of reststroom	-	-	+/?									
	6.3	22. Fotokatalytisch	+/?	++	+/?									
Power-to-Products	6.3	23. Elektrochemische CO ₂ activering	-	+/?	+									
	8.1	24. Low carbon brandstoffen*	0	0	+									
	8.1	25. Low carbon chemicaliën*	0	0	+									
	6.3	26. Solar fuels	+/?	+/?	+/?									
	6.3	27. CCU†	--	++	+									

Effect: ++ zeer positief; + positief; 0 neutraal; - negatief; ? Onzeker

*conventionele routes met low carbon H₂ † Het gebruik van CO₂ uit de lucht of uit rookgas als grondstof. Dit overlapt deels met 25-27

Effect op de gehele keten, beoordeeld ten opzichte van huidige systeem
Er is aangenomen dat aan alle niet-technische randvoorwaarden kan worden voldaan

Elektrificatie
Waterstof
Biomassa

1a Bijdrage Chemie subthema Energie en Klimaat (ook wel IKIA)

De IKIA klimaat beschrijft het belangrijkste klimaatdoel voor 2050. Dan moet de emissie van broeikasgassen gedaald zal zijn met 95% ten opzichte van 1990. Hiervoor zijn 5 submissies gedefinieerd:

- A. Een volledig CO₂-vrij electriciteitssysteem in 2050.
- B. Een CO₂-vrije gebouwde omgeving in 2050.
- C. In 2050 zijn grondstoffen, producten en processen in de industrie netto klimaatneutraal en voor tenminste 80% circulair.
- D. Emmisieloze mobiliteit voor mensen en goederen in 2050.
- E. In 2050 is het systeem van landbouw en natuur netto klimaatneutraal.

Deze submissies zijn onderverdeeld in 13 Meerjarige Missiegedreven Innovatie-Programma's (MMIP's). De chemie kan als belangrijke productiesector een significante bijdrage leveren aan vrijwel alle MMIP's. Het ontwikkelen van nieuwe processen voor elektrochemische/elektrokatalytische conversie, elektrificatie van energie-intensieve chemische processen, Carbon Capture and Use, verbeterde scheidingsprocessen, de productie van sleutelbouwstenen zoals waterstof met CO₂ neutrale processen en het verdergaand inzetten van biomassa of nieuwe grondstoffen gebaseerd op de opwerking van afval of de chemische ontvlechting van polymeren.

1. Bijdrage van de Holland Chemistry per MMIP (ook in tabelvorm hierna)

1. Hernieuwbare elektriciteit op zee

Chemische processen en materialen voor energie-opslag en -conversie; Nieuwe materialen voor windmolen-wieken en voor zonnecellen. Deze materialen moeten duurzaam zijn en CO₂-neutraal geproduceerd worden; Chemische processen en materialen voor energiewinning uit water; Product- en procesontwerp moet rekening houden met circulaire economie; recycling van windmolenbladen en PV materialen.

2. Hernieuwbare electriciteitsopwekking op land en in de gebouwde omgeving

Rationeel ontwerp van chemische processen en geavanceerde materialen voor energie-productie (PV), -opslag en -conversie; Nieuwe materialen voor windmolenbladen, zonnecellen, ontwerp van producten en productiemethoden met circulaire economie in gedachten (met name voor kritische grondstoffen); recycling van windmolenbladen en PV-materialen; Opwekking van nieuwe en schone brandstoffen/fuels voor chemische opslag van energie, via waterstof en CO₂ conversie.

3. Versnelling Energie-renovaties in de gebouwde omgeving

Duurzame productieprocessen met 100% carbon efficiency; slimme materialen met flexibele en functionele eigenschappen; procesintensificatie; slimme materialen met flexibele eigenschappen, ontwerp van producten en productiemethoden met circulaire economie in gedachten (met name voor kritische grondstoffen); Gebouw-geïntegreerde PV materialen; horizontale recycling van asfalt en beton.

4. Duurzame warmte (en koude) in de gebouwde omgeving

Rationeel ontwerp van chemische processen en geavanceerde materialen voor energie-opslag en –conversie; procesintensificatie; geïntegreerd ontwerp van katalysatoren en reactoren. Geavanceerde materialen voor dakbedekking, gevelbekleding, isolatie.

5. Het nieuwe energiesysteem in de gebouwde omgeving in evenwicht

Procesintensificatie, conversie en opslag van elektrische energie

6. Sluiting van industriële kringlopen (zie Missie Circulaire Economie voor meer gedetailleerde uitwerking)

Verbeterde efficiency van bestaande chemische processen; ontwerp van nieuwe waardeketens, producten en materialen met circulair oogmerk.; Procesintensificatie; Katalytische conversie; duurzame waterstofproductie, scheidingstechnologie; gebruik biobased feedstocks (zowel voor bestaande processen en materialen als voor nieuwe materialen (nieuwe biobased ketens)) en hernieuwbare bronnen zoals chemische opwaardering van afval en chemische ontvlechting van kunststof tot bruikbare bouwstenen of zelfs monomeren. Synthese van circulaire anorganische systemen voor energieopwekking, katalyse en scheiding. Verbinding met food (voedselafval als feedstock), CO₂ als koolstofbron. Horizontale recycling waar mogelijk.

7. CO₂-vrij industrieel warmtesysteem

Gebruik van biobased feedstocks en hernieuwbare bronnen, zoals elektriciteit, duurzame waterstof productie; Rationeel ontwerp van chemische processen, optimale warmte en energie integratie; procesintensificatie en procesefficiëntie; geavanceerde materialen voor energie-opslag en –conversie; inzet van restwarmte voor stadsverwarming.

8. Elektrificatie en radicaal vernieuwde processen

Elektrochemie en elektrokatalyse aan C₁-verbindingen en grotere moleculen; Radicale vernieuwing van energie-intensieve processen (ammonia, waterstof, kraken) bijvoorbeeld door elektrificatie; duurzame waterstofproductie; procesintensificatie; geïntegreerd ontwerp van katalysatoren en reactoren; Ontwerp van producten en productiemethoden met circulaire economie in gedachten (met name voor kritische grondstoffen).

9. Innovatieve aandrijving en gebruik van duurzame energiedragers voor mobiliteit

Rationeel ontwerp van chemische processen en geavanceerde materialen voor energie-opslag en –conversie; geavanceerde materialen voor Energy storage; elektrochemie en elektrokatalyse voor waterstofproductie en chemische conversies; geavanceerde materialen voor lichte voertuigen; kunststof en composieten met lagere rolweerstand voor banden, nieuwe batterijen; wegen met geïntegreerde zonnecellen of piezoelektrische elementen.

10. Doelmatige vervoersbewegingen voor mensen en goederen

Geavanceerde materialen (zie 9); integraal ontwerp productie- en logistieke processen; procesintensificatie voor decentrale productie

11. Klimaatneutrale productie food en non-food

Katalytische processen voor valorisatie van voedselafval; biokatalytische/enzymatische processen; scheidingstechnologie voor producten van biologische oorsprong; CO₂ als grondstof; geavanceerde verpakkingsmaterialen; lokale productie van kunstmest; verbeterde vorming van kunstmest (precision/slow-release); Gewasbescherming; Downscaling machines en reactoren voor decentrale/lokale circulaire systemen; Biobased en afbreekbaar landbouwplastic.

12. Land en water optimaal ingericht op CO₂-vastlegging en gebruik

CO₂ als grondstof, nieuwe C₁-chemie, industriële biotechnologische conversies, CO₂ vastleggen in mineralen.

13. Een robuust en maatschappelijk gedragen energiesysteem

Rationeel ontwerp van chemische processen en geavanceerde materialen voor energie-opslag en -conversie; Elektrochemische conversie (power to molecules), duurzame waterstofproductie; ontwerp van producten en productiemethoden met circulaire economie in gedachten (met name voor kritische grondstoffen).

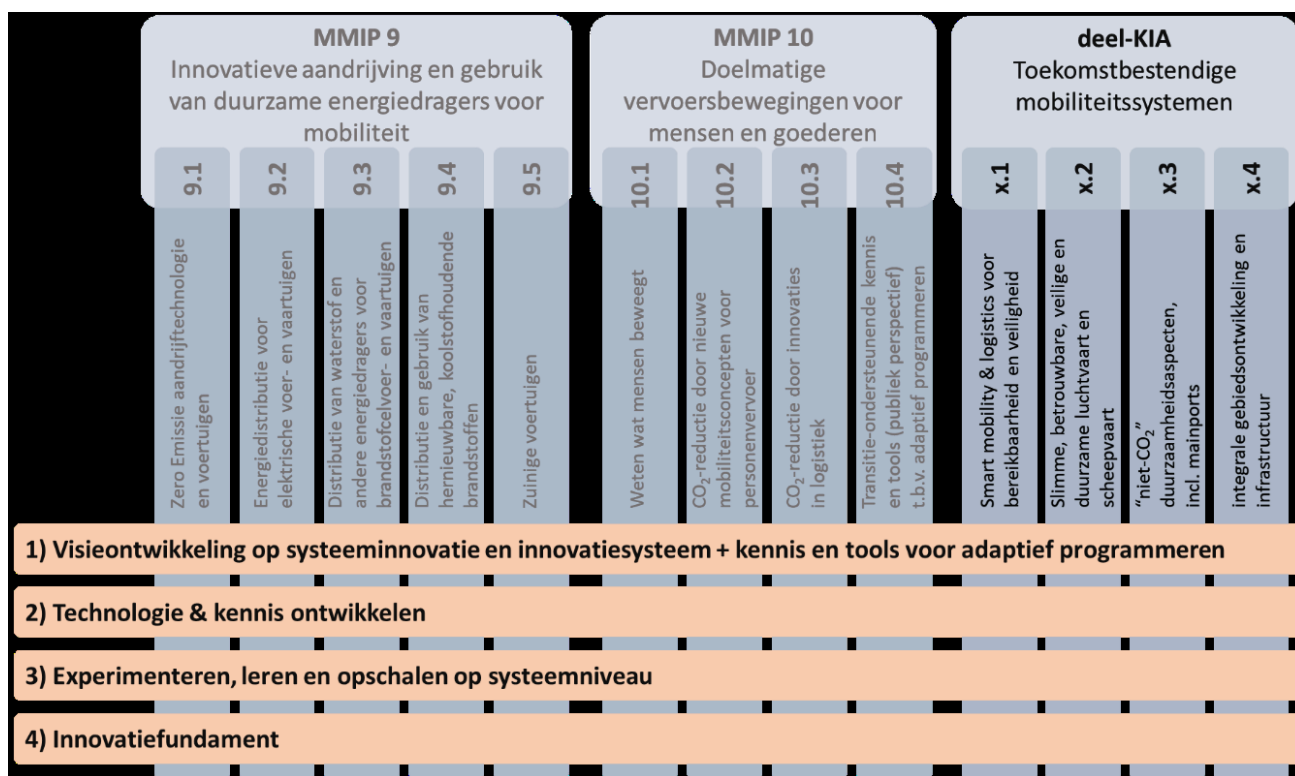
2. Uitwerking oplossingsstrategieën chemie

De bijdrage van de chemie ligt vooral op het creëren en toepassen van nieuwe processen voor (bijvoorbeeld elektrochemische) conversie en productie van de chemische bouwstenen, voor de bereiding van materialen en devices voor energie-opslag en -conversie, processen voor CCU, meet- en regeltechniek, scheidingstechnologieën, processen en devices voor conversie van biomassa en andere niet-fossiele bronnen naar grondstoffen voor de chemie, nieuwe katalysatoren en katalytische processen, en geavanceerde materialen.

A Een volledig CO ₂ -vrij elektriciteitssysteem in 2050	B Een CO ₂ -vrije gebouwde omgeving in 2050	C In 2050 zijn grondstoffen, producten en processen in de industrie netto klimaatneutraal of voor ten minste 80% circulair	D Emissieloze mobiliteit voor mensen en goederen in 2050	E In 2050 is het systeem van landbouw en natuur netto klimaatneutraal
MMIP 1: Hernieuwbare elektriciteit op zee - Chemische processen en materialen voor energie-opslag en –conversie (P) - Nieuwe materialen voor windmolen-wieken en voor zonnecellen. Deze materialen moeten duurzaam zijn en CO₂-neutraal geproduceerd worden (P, A) - Chemische processen en materialen voor energiewinning uit water - Product- en procesontwerp moet rekening houden met circulaire economie (P,A) - Recycling van windmolenbladen en PV materialen	MMIP 3: Versnelling Energierenovaties in de gebouwde omgeving - Duurzame productieprocessen; 100% carbon efficiency (P) - Slimme materialen met flexibele en functionele eigenschappen (P, A) - Procesintensificatie (P) - Product- en procesontwerp moet rekening houden met circulaire economie (P,A) - Gebouw-geïntegreerde PV materialen - Horizontale recycling van asfalt en beton	MMIP 6: Sluiting van industriële kringlopen - Verbeterde proces-efficiency (P) - Ontwerp van nieuwe waardeketens, producten en materialen met circulair oogmerk (P,A) - Katalytische conversie (P) - Duurzame waterstofproductie (P) - Scheidingstechnologie (P) - Biobased feedstock (P): zowel voor bestaande processen en materialen als voor nieuwe materialen (nieuwe biobased ketens) - Chemische opwaardering van afval (P) - Horizontale recycling waar mogelijk - Chemische of mechanische ontvlechting van kunststof tot grondstof(P) - Voedselafval als feedstock (P) - CO₂ als koolstofbron (P) - Synthese van circulaire anorganische systemen voor energieopwekking, katalyse en scheiding	MMIP 9: Innovatieve aandrijving en gebruik van duurzame energiedragers voor mobiliteit - Rationeel ontwerp van chemische processen en geavanceerde materialen voor energie-opslag en –conversie; - Nieuwe materialen voor energie-opslag - Elektrochemie en elektrokatalyse voor waterstofproductie en chemische conversie - Lichtgewicht materialen voor voertuigen - Kunststof en composieten met lage rolweerstand - Nieuwe batterijen - Wegen met geïntegreerde zonnecellen of piezoelektrische elementen	MMIP 11: Klimaatneutrale productie food en non-food - Katalyse voor valorisatie van voedselafval - Biokatalytische /enzymatische processen - Scheidingstechnologie voor biobased producten - CO₂ als grondstof - Geavanceerde verpakkingsmaterialen - Lokale productie van kunstmest - Verbeterde vorming van kunstmest (precision/slow-release) - Gewasbescherming - Downscaling machines en reactoren voor decentrale/lokale circulaire systemen - Biobased en afbreekbaar landbouwplastic
MMIP 2: Hernieuwbare elektriciteitsopwekking op land en in de gebouwde omgeving - Chemische processen voor energie-productie, -opslag en -conversie (P) - Nieuwe materialen voor energie-productie, -opslag en conversie (P, A) - Nieuwe materialen voor windmolen-wieken en voor zonnecellen (P, A) - Recycling van windmolenbladen en PV materialen - Product- en procesontwerp moet rekening houden met circulaire economie (P,A) - Opwekking van nieuwe en schone brandstoffen/fuels voor chemische opslag van energie. Via waterstof en CO₂ conversie.	MMIP 4: Duurzame warmte (en koude) in de gebouwde omgeving - Chemische processen voor energie-opslag en –conversie (P) - Nieuwe materialen voor energie-opslag en –conversie - Procesintensificatie - Ontwerp van katalysatoren en reactoren (P) - Nieuwe materialen voor dakbedekking, gevelbekleding en isolatie (P,A) MMIP 5: Het nieuwe energiesysteem in de gebouwde omgeving in evenwicht - Procesintensificatie (P) - Conversie en opslag van elektrische energie (P)	MMIP 7: CO₂-vrij industrieel warmtesysteem - Gebruik biobased feedstock - Hernieuwbare bronnen (elektriciteit) - Duurzame waterstof productie - Rationeel ontwerp van processen - Optimale warmte- en energie-integratie - Procesefficiëntie - Geavanceerde materialen voor energie-opslag en -conversie - Procesintensificatie - Inzet van restwarmte voor stadsverwarming MMIP 8: Electrificatie en radicaal vernieuwde processen - Electrochemie en elektrokatalyse aan C₁-verbindingen en grote moleculen - Radicaal vernieuwing van energie-intensieve processen (ammonia, waterstof, kraken) - Procesintensificatie - Geïntegreerd ontwerp van katalysatoren en reactoren - Ontwerp van producten en processen met circulaire economie in gedachten	MMIP 10: Doelmatige vervoersbewegingen voor mensen en goederen - Integraal ontwerp productie- en logistieke processen - Procesintensificatie voor decentrale productie - Materialen: zie 9	MMIP 12: Land en water optimaal ingericht op CO₂-vastlegging en gebruik - CO₂ als grondstof - Industriële biotechnologische conversies - CO₂ vastleggen in mineralen
MMIP 13: een robuust en maatschappelijk gedragen energiesysteem - Ontwerp van chemische processen en geavanceerde materialen voor energie-opslag en –conversie - Electrochemische conversie (power to molecules) - Duurzame waterstofproductie - Ontwerp van producten en productiemethoden met circulaire economie in gedachten				

1b. Bijdrage Chemie Toekomstbestendige Mobiliteitssystemen

De KIA 'toekomstbestendige mobiliteitssystemen' richt zich op een aantal onderwerpen die aanvullend zijn op MMIP 9 en MMIP 10 uit de IKIA voor Energie. Dit is schematisch weergegeven in het figuur hieronder.



Bron: [KIA Toekomstbestendige mobiliteitssystemen](#)

Binnen deelonderwerp 'x.2', *Slimme, betrouwbare, veilige en duurzame luchtvaart en scheepvaart* speelt een aantal onderwerpen waarbij chemische innovaties noodzakelijk zijn om vooruitgang te boeken.

Specifieke innovatieonderwerpen die in deze KIA genoemd worden en waar Holland Chemistry op zal aansluiten zijn:

Slimme, betrouwbare en veilige scheepvaart

- Scheepvaartveiligheid [vroegdetectie van lekkage van gevaarlijke en vervuilende stoffen]

Circulaire Scheepvaart:

- Circulaire materialen en producten voor de scheepsbouw [ontwerp van materialen]
- Circulaire operatie en onderhoud [inspectie en reparatie]
- Circulaire recycling [identificatie van materialen en geschiktmaken voor hergebruik]

Innovatieve componenten van het voortstuwingssysteem en hun integratie:

- Innovatieve energiedragers en energieopslag [productie en ontwikkeling van de energiedragers]
- Elektrische voortstuwing en energievoorziening met brandstofcellen en uit duurzame bronnen geproduceerde energiedragers [productie en ontwikkeling van de energiedragers]

Gebruik van alternatieve energiedragers aan boord van schepen:

- Energiedragers [productie en ontwikkeling van de energiedragers]
- Feedstock voor de productie van brandstoffen [nieuwe processen en producten]

Slimme (nieuwe duurzame) vliegtuigen:

- Technologische bouwstenen voor (hybride) elektrisch vliegen
- Geavanceerde materialen en systemen, zoals composieten, (metal) additive manufacturing, smart materials, voortstuwingssystemen, energieopslag (van brandstoffen als waterstof of synfuels en van elektriciteit) en geschikt voor hybride elektrische vliegtuigen [ontwikkeling en productie van benodigde materialen]
- Structural Health Monitoring (SHM) [inspectietechnologie en voorspellingsmodellen]

Verminderd energieverbruik

- Materialen (composieten incl. thermoplastics en FML, nieuwe harsen, metalen voor additieve fabricage methoden) [ontwikkeling en productie van benodigde materialen]
- Geavanceerde fabricage van composietconstructies (o.a. thermoplasten) met verminderde milieubelasting [nieuwe processen]
- Slimme, multifunctionele en lichte materialen en constructies [ontwikkeling en productie van benodigde materialen]
- Circulaire luchtvaart: van ontwerp en fabricage tot onderhoud en end-of-life [ontwerp van materialen, inspectie en reparatie, verwerking van gebruikt materiaal]

Nieuwe ontwikkelingen in vliegtuigsystemen en componenten [ontwikkeling en productie van benodigde materialen]

- Hogetemperatuur-componenten voor efficiëntere verbrandingsmotoren die minder schadelijke stoffen uitstoten
- Lagetemperatuur-materialen voor waterstoftanks en supergeleidende systemen
- Nieuwe voortstuwingssystemen als Boundary Layer Ingestion en Distributed Propulsion
- Alternatieve brandstoffen zoals sustainable aviation fuels (SAF) en synthetische brandstoffen zonder zwavel en aromaten
- Lichte materialen en constructies

Technische ontwikkelingen voor reductie van luchtverontreinigende emissies, geluid en trillingen

[methoden voor meting en monitoring van emissies, ontwerp en ontwikkeling van nieuwe materialen]

- Schone (en efficiënte) verbrandingsconcepten
- Systemen voor uitlaatgasnabehandeling, inclusief slimme regelstrategieën voor integraal management van motor en nabehandeling
- Veranderingen van brandstofsamenstellingen om emissies te reduceren
- Maatregelen om de emissie van slijtage-emissies te reduceren

Innovaties m.b.t. meten, monitoren en verminderen van voertuigemissies [monitorings- en meettechnologie]

- Ontwikkeling van on-board sensing en monitoring
- Ontwikkeling van sniffer car technologie en remote sensing
- Screeningsmethoden om te onderzoeken of voertuigen mogelijk niet aan praktischeisen voldoen.

Innovaties m.b.t. meten, monitoren en verbeteren van luchtkwaliteit [monitorings- en meettechnologie]

- Verbeteren van de monitoring en modellering van verkeersgerelateerde emissies, verspreiding en depositie van reacties stikstof

Innovaties m.b.t. meten, monitoren en verminderen van geluidsemissies en geluidbelasting [nieuwe materialen]

- Ontwikkelen van stil en duurzaam asfalt
- Ontwikkelen technologie voor stillere banden en verlagen overig voertuiggeluid
- Ontwikkelen van stillere spoorconstructies en compacte systemen voor demping en afscherming
- Ontwikkeling van stille technologie voor rail en light rail

Beleidsondersteunende kennis en tools

- Verbeteren van inzichten in hoeveelheid, aard en effecten van fijnstof door slijtage [meettechnologie en modellen]
- Verbeteren van inzicht in de relatie emissies – verspreiding – exposure – impact m.b.t. luchtkwaliteit [chemische componenten van systeembegrip, relatie tussen blootstelling/exposoom en gezondheid]
- Methoden om op basis van real-time monitoring / sensordata en verkeersmanagementsystemen in te grijpen op verkeer om lokale emissies te verlagen [geavanceerde standaardtestmethoden]

1c Bijdrage Chemie subthema Circulaire Economie

1. Missie Circulaire Economie en aanpak

In 2050 is in Nederland een duurzaam gedreven, volledig circulaire economie gerealiseerd. Dat wil zeggen dat in het economisch systeem zoveel mogelijk gebruik wordt gemaakt van hernieuwbare (inter)nationaal algemeen beschikbare en duurzame grondstoffen, waarbij het behoud van natuurlijk kapitaal als uitgangspunt wordt genomen.

In het Rijksbrede programma Circulaire Economie '*Nederland Circulair in 2050*' wordt aan deze missie verdere inhoud en een extra impuls gegeven langs drie strategische paden:

- het efficiënt en hoogwaardig benutten van grondstoffen in bestaande waardenetwerken
- het waar nodig en mogelijk vervangen van fossiele, kritieke en niet-duurzaam geproduceerde grondstoffen door alternatieven
- het socio-economisch en technisch anders inrichten van gebieden en waardeketens waardoor de gewenste transitie naar de circulaire economie een extra impuls krijgt.

Het Rijksbrede Programma "Nederland Circulair in 2050" onderscheidt hierbij 5 prioritaire grondstofketens waarvoor transitieagendas zijn opgesteld: biomassa en voedsel, bouw, consumentengoederen, kunststoffen en maakindustrie.

2. Prioriteiten Transitieagendas en oplossingsstrategieën chemie

De chemie zal vanuit haar positie in diverse waardeketens aan de prioriteiten van de transitieagenda's een belangrijke bijdrage leveren: als duurzame en groene maaksector zijn er in de circulaire economie nieuwe markten te winnen. Zonder uitputtend te kunnen zijn valt hierbij te denken aan: vermindering voedselverspilling, innovatie in materiaalontwerp, recycling, leveringszekerheid van kritieke grondstoffen, vervanging van zorgwekkende grondstoffen en reductie van broeikasgasemissies in brede zin. Vanuit de prioriteiten binnen de Holland Chemistry is deze bijdrage op hoofdlijnen als volgt:

- design voor circulariteit: ontwikkeling van duurzame, circulaire, functionele en structurele materialen zoals polymeren, composieten, natuurlijke (biogebaseerde en hernieuwbare) materialen, metalen en anorganische materialen.
- circulaire grondstoffenketens en productieprocessen: het duurzaam vervaardigen van circulaire producten via chemische processen alsmede het verkrijgen van chemische technologieën die herstel, onderhoud en hergebruik bevorderen, ook door inzet van andere materialen in de waarde keten.
- vertrouwen, gedrag en acceptatie: het toekomstbestendig inrichten en in stand houden van circulaire grondstofketens en productieprocessen door goede afstemming met en inbedding in een quadruple helix structuur met overheden, bedrijven, kennisinstellingen en consumenten/gebruikers.

In de uitvoering zal toegepast en fundamenteel onderzoek hier altijd hand-in-hand gaan om snelle opschaling van nieuwe oplossingen mogelijk te maken. Bestaande en zich ontwikkelende ondersteunende technologieën zoals synthese, modelleren, spectroscopie, chemometrie en analytische chemie zijn noodzakelijk om de onderwerpen met succes aan te pakken, naast belangrijke ondersteunende methoden uit de sociale, economische en gedragswetenschappen als transitie-, complexiteits-, gedrags- en businessmodellen.

De bijdrage van de chemie ligt vooral op het creëren en toepassen van inzicht in mechanismen voor functioneel en structureel gedrag van polymeren, fijnchemie, (nano)composieten en high tech materialen voor toepassingen in bijvoorbeeld medicijnen, coatings, dunne films, asfalt, beton, vervoersmiddelen en high tech equipment.

Dit geldt voor de gehele levensduur van waarde creatie van een materiaal in een circulaire keten inclusief de bijbehorende socio-economische aspecten tav business modellen, acceptatie door gebruikers en consumenten en wet- en regelgeving. Meer specifiek richt de chemie zich op 3 hoofdlijnen:

1. Design voor circulariteit

- a) Circulaire materialen en producten met uitzicht op duurzaam meervoudig hergebruik
- b) Materialen voor meervoudig hergebruik uit ongebalanceerde (niet ideale, gemengde) retourstromen
- c) Materialen die leiden tot eenvoudiger en beter karakteriseren en scheiden van gemengde afvalstromen
- d) Zuivere materialen en producten die gemengde afvalstromen voorkomen
- e) Materialen die herstel, onderhoud en hergebruik bevorderen
- f) Modellen voor beter begrip van structuur-eigenschaps- en structuur-prestatierelaties van (bouwstenen van) circulaire producten (knowledge/evidence-based expertsystemen voor ontwerp van circulaire materialen)
- g) Materialen voor het afvangen van CO₂ (en andere broeikasgassen) ten behoeve van hergebruik van die afgevangen stoffen

Toelichting: Levensduurverlenging is van groot belang, maar ook het ontwikkelen van mogelijkheden voor reparatie en hergebruik. Naast inspectie- en reparatiemethoden moeten hiervoor nieuwe materialen met gecombineerde structurele en functionele eigenschappen ontwikkeld worden. Nodig zijn materialen met gekende en noodzakelijke eigenschappen voor hergebruik en minimale accumulatie van contaminanten. Denk hierbij bijvoorbeeld aan het gebruik van tracers in combinatie met spectroscopische analysetechnieken of methoden die de introductie van een materialenpaspoort mogelijk maken. Ook zijn bijvoorbeeld nieuwe katalysatoren, elektrodematerialen en membraanmaterialen voor recyclingprocessen nodig.

2. Circulaire grondstoffenketens en productieprocessen

- a) de volledige transformatie van huidige, op inzet van fossiele brandstoffen gebaseerde productieprocessen naar emissiearme (-loze) processen mede door afvangst en conversie van emissies die ontstaan uit de energieopwekking voor productieprocessen
- b) ontwikkeling van nieuwe routes voor grondstoffefficiënte proces-/productcombinaties en op basis van biomassa incl cascadering
- c) synthesesmethodes om duurzame stoffen en materialen te produceren, al dan niet uit hergebruikstromen via recycling
- d) processen voor herstel, onderhoud en hergebruik van materialen en producten
- e) karakteriserings- en scheidingsmethoden voor complexe/gemengde afvalstromen
- f) modellen voor beter begrip en optimalisatie van circulaire processing routes (digital twin voor ontwerp van chemische processen), mede om nieuwe kansrijke routes te identificeren

Toelichting: Elektrificatie (incl. elektrochemische conversie), gebruik van waterstof en duurzame warmte zijn belangrijke opties. Een wezenlijke vraag is welke schaal nodig is, op welke locatie en met welke logistiek deze industriële transformatie kan worden gerealiseerd. De opgaven onder de energie- en klimaattransitie kunnen hiervan niet los worden gezien. Optimalisatie van productieprocessen door dynamische processturing en het ontwikkelen van circulair systeembegrip door combinatie van metingen en geavanceerde data-analyse zijn van groot belang.

3. Vertrouwen, gedrag en acceptatie

- a) de ontwikkeling en validatie van business, impact en verdienmodellen voor bestaande en nieuwe spelers in circulaire ketens al dan niet gebaseerd op een data-gedreven aanpak
- b) actieve participatie van consumenten en gebruikers bij de ontwikkeling van producten en specificaties
- c) het creëren van vertrouwen bij alle betrokken stakeholders bij de implementatie van nieuwe technologische oplossingen
- d) de formulering en promotie van standaarden, wet- en regelgeving die de transformatie van industrie en maatschappij naar een circulaire economie bevorderen

Toelichting: Product as a service en circulaire accounting zijn voorbeelden van innovaties om de introductie van een circulaire economie te ondersteunen. Fieldlabs en social media bieden nieuwe mogelijkheden, in B2B kan optimalisatie van afspraken over productspecificaties (zonder overspecificatie: 'fit for use') helpen om afval als gevolg van off-spec te voorkomen. In- en uitgangskwaliteitscontrole, certificering en beveiligde communicatie voor stoffen en halffabricaten, alsook onderhoudssystemen voor producten kunnen leiden tot meer vertrouwen in nieuwe circulaire producten en diensten bij consumenten en gebruikers. Nationale acties, maar zeker ook internationale samenwerking zal nodig zijn omdat circulariteit niet ophoudt bij landsgrenzen.

4. Relaties en samenwerkingsverbanden

De Holland Chemistry heeft een uitgebreid netwerk van bedrijven, onderzoeksinstituten (toegepast en fundamenteel) die kunnen bijdragen aan de genoemde oplossingen. Daarbij wordt gebruik gemaakt van een diversiteit van samenwerkingsverbanden zoals bijvoorbeeld via CBBC, ECCM, ISPT, VNCI, COAST, NWA, NWO en TO2 instrumentarium alsmede internationale, landelijke en regionale overheden.

2 Bijdrage Chemie missiethema Landbouw, Water en Voedsel

De Holland Chemistry kan een grote bijdrage leveren aan het realiseren van een meer duurzame productie van gezonde en veilige voeding. Voor het realiseren van kringlooplandbouw, klimaatneutrale landbouw en voedselproductie, gewaardeerd, gezond en veilig voedsel en een duurzame Noordzee, oceanen en binnenwateren en bescherming van de delta worden in dit document de bijdragen van de Holland Chemistry beschreven.

Overzichtstabel van de missies gedefinieerd voor Landbouw, Water en Voedsel

	A Kringlooplandbouw	B Klimaatneutrale landbouw en voedselproductie	C Klimaatbestendig landelijk en stedelijk gebied
Missie	In 2030 is in de land- en tuinbouw het gebruik van grondstoffen en hulpstoffen substantieel verminderd en worden alle eind- en restproducten zo hoog mogelijk verwaard. De emissies naar grond- en oppervlaktewater zijn tot nul gereduceerd. Ecologische omstandigheden en processen vormen het vertrekpunt voor voedselproductie waardoor biodiversiteit zich herstelt en de landbouw veerkrachtiger wordt.	In 2050 is het systeem van landbouw en natuur netto klimaatneutraal.	Nederland is in 2050 klimaatbestendig en waterrobuust.
TSC bijdrage	- Chemische conversie, scheidingstechnologie en monitoring t.b.v. hergebruik afvalstromen - Duurzame productie van eiwitrijke grondstoffen en biomassa	- Monitoren van concentraties diverse stoffen in lucht, water, bodem - Verbetering opname van stikstof door planten - Precisiedosering van nutriënten - Verbeterde diervoeding: minder broeikasgassen - Afvangen, omzetten of vastleggen schadelijke uitstoot	
	D Gewaardeerd, gezond en veilig voedsel	E Duurzame Noordzee, oceanen en binnenwateren	F Nederland is en blijft de best beschermde delta ter wereld, ook na 2100
Missie	In 2030 produceren en consumeren we gezond, veilig en duurzaam voedsel en verdient de boer een eerlijke prijs.	Voor de mariene wateren is er in 2030 en voor rivieren, meren en estuaria in 2050 een balans tussen enerzijds ecologische draagkracht en waterbeheer (waterveiligheid, zoetwatervoorziening en waterkwaliteit) en anderzijds de opgaven voor hernieuwbare energie, voedsel, visserij en andere economische activiteiten.	Nederland is en blijft de best beschermde delta ter wereld, ook na 2100, door het tijdig -op basis van klimaatscenario's en knippunanalyses- nemen van toekomstbestendige en integrale maatregelen tegen beheersbare kosten
TSC bijdrage	- Vroege detectie van vervuilingen in materiaalstromen - Fundamenteel begrip vertering van voedsel	- Scheidingstechnologie en chemische ontvlechting voor waterzuivering, b.v. verwijderen (micro)plastics - Nieuwe safe-by-design materialen - Monitoren waterkwaliteit	Innovatieve dijkversterkingen

A. Kringlooplandbouw:

Circulaire landbouw houdt in dat zoveel mogelijk stromen duurzaam worden benut en hergebruikt. Hierbij kan een aantal technieken die standaard in de chemie wordt gebruikt van groot nut zijn, zoals chemische conversie, scheidingstechnologie en monitoring. Om tot een vermindering van meststoffen en water en betere benutting van nutriënten in dierlijke mest en afvalwater te komen, moet de samenstelling bekend zijn en de technologieën om de conversies en scheidingen te bewerkstelligen verder ontwikkeld worden, zoals bijvoorbeeld geavanceerde membranen. Naast deze end-of-pipe solution is het ook noodzakelijk om naar nieuwe technieken te kijken die het mogelijk maken om een gezonde, robuuste bodem en teeltsystemen zonder emissies naar grond- en oppervlaktewater te bewerkstelligen. Voor beide opties is het van uiterst belang

dat zoveel mogelijk hergebruik van organische zij- en reststromen in de voedselketen plaatsvindt. Hierbij is begrip van chemische conversie en scheidingsprocessen nodig om de keten te sluiten. Een speciaal aandachtsgebied is de duurzame productie van eiwitrijke grondstoffen en biomassa. De chemie speelt een rol in het mogelijk maken van deze eiwittransitie, door het ontwikkelen van verrijkings- en bewerkingsprocessen, en methoden om in-line de (bio)chemische samenstelling van materiaalstromen continu te meten en te optimaliseren. Door de eiwittransitie ontstaan meer reststromen waarvoor de eerder beschreven technologieën essentieel zijn.

B. Klimaatneutrale landbouw en voedselproductie

Chemische processen zijn de basis van landbouw en voedselproductie. Om landbouw en voedselproductie klimaatneutraal te maken is kennis van de onderliggende chemie essentieel. Om te komen tot emissiereductie in bodem en landgebruik in de landbouw is het nodig om concentraties goed te kunnen monitoren in de bodem, de lucht en in de plant. Met deze kennis en geavanceerde materialen voor de gecontroleerde afgifte van nutriënten en meststoffen kan precisiedosering van nutriënten bereikt worden en overbemesting worden voorkomen. Ontwerp en synthese van nitrificatieremmers kunnen de opname van stikstof uit mest verbeteren en uitspoeling ervan verminderen. Om de veehouderij duurzamer te maken, kan de chemie voedseladditieven voor verbeterde pens- en darmfermentatie ontwikkelen om tot vermindering van broeikasgassen (CO_x, NO_x) en ammoniak te komen. Waar deze toch ontstaan worden deze vastgelegd of omgezet met behulp van katalytische en elektrochemische conversie. Door zo efficiënt mogelijk gebruik te maken van alle zij- en reststromen kan energie worden bespaard en in sommige gevallen zelfs opgewekt. Bovendien kan de uitstoot van schadelijke stoffen zoals CO₂ en ammoniak worden voorkomen. Waar deze stoffen toch worden geproduceerd, kunnen deze stoffen worden vastgelegd en/of omgezet. Energiebesparing kan ook worden bereikt door de ontwikkeling en toepassing van geavanceerde materialen in de glastuinbouw, zoals semi-doorlatende PV-panelen als kasdek.

D. Gewaardeerd, gezond en veilig voedsel

Om tot gezond en veilig voedsel te komen is begrip van een groot scala aan chemische processen van belang. Deze processen betreffen de productie van ingrediënten en levensmiddelen, gevolgd door de consumptie en vertering, en uiteindelijk de metabolische omzetting ervan. Om flexibel om te kunnen gaan met verschillende grondstoffen is het nodig om goede controle te hebben over de processen die uitgevoerd worden om ze te verwerken tot ingrediënten en voedingsmiddelen. Om de veiligheid hiervan te garanderen moet de aanwezigheid en concentratie van onzuiverheden in vloeistoffen en materiaalstromen, toxines (bijv. mycotoxines) of medicijnresten (bijv. antibiotica) gemonitord worden. Vroegtijdige detectie kan grootschalige verspilling voorkomen. Op deze manier kunnen gezonde en voedzame levensmiddelen gemaakt worden met minimale impact op het milieu. Door slim gebruik te maken van sensoren die de gassamenstelling in verpakte levensmiddelen monitoren kan hun houdbaarheid verlengd worden en voedselverspilling worden verminderd. Los van de productie van ingrediënten en levensmiddelen kan de chemie ook een essentiële bijdragen leveren aan het begrip van de vertering van voedsel en het effect dat het heeft op de mens. Hierdoor kunnen mensen bewust gezonde keuzes maken. Gezondheid van dieren kan gemonitord worden door nieuw te ontwikkelen biomarkers en bijbehorende meetmethoden.

E. Duurzame Noordzee, oceanen en binnenwateren:

De chemie kan een belangrijke bijdrage leveren aan het gezond en schoon houden van onze rivieren, meren, intergetijdse gebieden, zeeën en oceanen. Enerzijds kan scheidingstechnologie en chemische ontvlechting van plastic afval uit het water bijdragen aan het terugdringen van vervuiling. Anderzijds kan de chemie nieuwe materialen ontwikkelen die "safe by design" zijn, bijvoorbeeld zonder toxische bestanddelen of afbreekbaar in zeewater. Analytische chemie zorgt voor constante monitoring van de waterkwaliteit.

F. Nederland is en blijft de best beschermde delta ter wereld, ook na 2100

De chemie kan bijdragen aan de bescherming van de Nederlandse delta door de ontwikkeling van innovatieve dijkversterkers.

3 Bijdrage Chemie missiethema Gezondheid en Zorg

De Holland Chemistry kan uitstekend bijdragen aan het verbeteren van de gezondheid en zorg van de Nederlandse bevolking. De chemie speelt een cruciale rol bij het ontwikkelen en produceren van nieuwe geneesmiddelen. Daarnaast zijn er geavanceerde chemische technieken die snel de werkzaamheid van een medicijn bij een individuele patiënt kunnen meten en zelfs kunnen voorspellen waardoor het steeds beter lukt om patiënten als uniek individu te behandelen. In dit hoofdstuk beschrijft de Holland Chemistry wat deze kan bijdragen aan het missiethema Gezondheid en Zorg en de vier missies.

Missie I - Leefstijl en leefomgeving

In deze missie wordt genoemd dat minder fijnstof, minder microplastics, minder geluidsoverlast en een beter binnenklimaat thuis een belangrijke bijdrage aan meer gezondheid leveren. Ook voor de werkomgeving wordt opgemerkt dat risico's van gevaarlijke stoffen bijdragen aan gezondheidsschade. De Holland Chemistry kan bijdragen aan het verbeteren van de fysieke leefomgeving en de werkomgeving door het meten van de stoffen die vrijkomen – en het modelleren hiervan – om uiteindelijk de data te kunnen interpreteren om tot handelingsperspectief te komen en uiteindelijk ziekte te verminderen en te voorkomen. Om dit goed te kunnen doen is de behoefte om steeds op een persoonlijkere schaal gegevens in kaart te kunnen brengen. Hiervoor zijn nieuwe sensoren nodig welke de juiste chemische componenten kunnen meten, met een verhoogde resolutie met betrekking tot plaats en tijd. Dit vereist ontwikkeling van sensoren (en de validatie daarvan) als ook de ontwikkeling van modellen die met een hogere plaats en tijd resolutie om kunnen gaan zoals plaatsvindt in het Evidence Based Sensing of Chemical Compounds (EBS-CC) initiatief. Het “Evidence Based Sensing of Chemical Compounds” (EBS-CC) programma richt zich op de ontwikkeling van meetapparatuur en sensoren om onder andere de luchtkwaliteit te monitoren in de buitenlucht, woonhuizen, kantoren en andere werkplekken. Verder kan de Chemie ook een rol spelen bij het efficiënt verwijderen van schadelijke stoffen uit het milieu en bij het meer optimaal doseren/personaliseren van geneesmiddelen zodat wordt voorkomen dat geneesmiddelenresten in het oppervlaktewater terecht komen.

Daarnaast levert de Chemie een belangrijke bijdrage aan nieuwe ontwikkelingen op het gebied van voeding en daardoor een gezondheidsbevorderende leefomgeving. Het is de Chemie die ons voedsel kan uitsplitsen in koolhydraten, eiwitten, vetten, vitamines en sporenelementen waardoor het effect van voedsel op gezondheid gemeten kan worden. Verder is de Chemie essentieel voor het ontwikkelen van nieuwe voedingsmiddelen en voedingsinnovaties waardoor consumenten hun voeding kunnen aanpassen aan de behoefte van hun lichaam en hen helpen gezondere keuzes te maken met betrekking tot hun voeding en dus leefstijl. Zo kan de Chemie bijvoorbeeld het mondgevoel van voedingsmiddelen veranderen wanneer dit anders is dan de consument gewend is doordat er een verandering in de samenstelling is aangebracht om het voedingsmiddel gezonder te maken.

Missie II -- Zorg in de leefomgevingleefomgeving

Nieuwe chemische personalized sensoren (EBS-CC) kunnen kennis genereren over de gezondheidsstatus van individuen. Op deze manier kan extramuraal de biochemische status van patiënten voortdurend gemonitord worden waarna zo nodig tijdig geïntervenieerd kan worden. Verder kan de Chemie nieuwe aangrijpingspunten voor interventie (medicijnen, voedingssupplementen) identificeren en ontwikkelen en ook markers identificeren voor het testen en monitoren van (leefstijl-) interventies. Bijvoorbeeld bij een verandering in dieet, wat een effectieve en economische interventie is, en het vervolgens monitoren van de voedingsstoffen, vitamines en sporenelementen. Ook kan de Chemie ‘smart devices’ ontwikkelen die de leefstijl monitoren door het meten van componenten of biomarkers in bloed, zweet of adem. Deze meetapparatuur kan vervolgens door mensen thuis gebruikt worden bij voorkeur op een niet-invasieve of minimaal-invasieve manier wat een bijdrage levert aan de toegang tot zorg van deze gebruikers. Verder kan de Chemie bijdragen aan **meer effectieve en betaalbare geneesmiddelenzorg** door het ontwikkelen en implementeren van testen op basis van analytische chemie die biomarkers identificeren van chronische ziekten voordat deze ziekten zich in de patiënt manifesteren. Deze biomarkers, maar ook, biosensoren en biochips maken het mogelijk om preventieve interventies toe te passen bijvoorbeeld bij neurodegeneratieve ziekten, de voorstadia van kanker en cardiovasculaire problemen. Daarnaast is de analytische chemie ook essentieel bij de ontwikkeling van point-of-care-diagnostiek wat de toegang tot zorg aanzienlijk zal verbeteren.

Missie III - Mensen met chronische ziekten

Behalve de ontwikkeling en toepassing van evidence-based leefstijlinterventies, is ook de behandeling van

mensen met uiteenlopende chronische aandoeningen, zoals onder andere vanuit het Future medicines Initiative (FMI) belangrijk. Het FMI-PPP streeft naar een kortere ontwikkeltijd van medicijnen en het eerder op de markt brengen (return on investment) door vroegtijdige samenwerking tussen academische en de industriële partijen. Hierdoor ontstaat een synergie die de time-to-market van nieuwe medicijnen aanzienlijk kan verkorten. Onder andere met behulp van state of the art chemische technologie. Onderzoek naar nieuwe aangrijpingspunten en moleculen leidt tot de ontwikkeling van innovatieve en geavanceerde behandelingen en diagnostische testen.

Verschillende chronische ziekten worden veroorzaakt door een verstoorde communicatie in en tussen cellen door o.a. genetische schade en mutaties en/of externe factoren (bacteriële/virale infecties, luchtvervuiling). Inzicht in de processen die ontregeld zijn bij chronische ziekten is essentieel voor effectieve geneesmiddelontwikkeling. Een veelzijdige aanpak (multi-omics, chem/bioinformatics) waarbij wordt gekeken naar veranderingen in genetisch materiaal (mutaties), het interactoom en de eiwitsamenstelling van patiënt materiaal zal kennis en inzicht geven op welke wijze men het meest effectief kan ingrijpen.

Daarnaast kan de Chemie bijdragen aan het monitoren en verbeteren van gezondheid van individuen door middel van het opzetten van chemische detectiemethoden zoals diagnose/monitoring met companion diagnostics van onder andere biomarkers in combinatie met datagestuurde feedback op doseringssystemen. De Chemie speelt een belangrijke rol bij het ontwikkelen van geneesmiddelen, van kleine moleculen tot antilichamen. Hierbij is er ook een belangrijke rol voor Organ-on-a-Chip technologie bij de ontwikkeling van deze geneesmiddelen wat ook bijdraagt aan het verminderen van proefdierexperimenten.

Bestaande of nieuw te ontwikkelen kleine moleculen of antilichamen bieden de mogelijkheid om specifiek in te grijpen in het ziekteproces. De Chemie is cruciaal voor de synthese van deze kleine moleculen zoals bijvoorbeeld het genereren van antilichaam conjugaten en nanodeeltjes voor drug-delivery en de kwaliteitscontrole van deze geneesmiddelen door analytische chemie.

Verder kan De Chemie contrastreagentia en moleculaire beeldvormende technologieën ontwikkelen die het mogelijk maken om ziekte status en het effect van interventies zichtbaar te maken op een niet-invasieve manier. Dit kan worden toegepast voor chronische hart- en vaatziekten, de functie van de hersenen (oa bij dementie) en bij de prognose van de uitzaaiing van kanker, een ziekte die dankzij de ontwikkelingen op medisch gebied steeds meer als een chronische ziekte wordt gezien. De Chemie is ook instrumenteel in de analyse van “liquid biopsies” die op grote schaal een breed palet aan bekende biomarkers kunnen detecteren om zo chronische ziekten te kunnen monitoren gedurende het behandeltraject. De Holland Chemistry kan en wil derhalve een cruciale rol spelen bij het voorkomen, monitoren en behandelen van chronische ziekten.

Missie IV - Dementie

Chemische kennis is nodig om inzicht te verkrijgen in de moleculaire (ontregelde) processen van dementie. Het ontwikkelen van preklinische modelsystemen en platform technologieën om celkweken (minibrains) maar ook de brain-on-a-chip techniek mogelijk te maken kan niet zonder Chemie. Hierbij kan de Chemie bijdragen aan het ontwikkelen van de hiertoe benodigde apparatuur met onder andere kennis van oppervlaktechemie, dynamische concentratie omstandigheden en chemische methodes ter analyse en identificatie van biomarkers.

Daarnaast is de Chemie essentieel voor de verdere ontwikkeling van **regeneratieve geneeskunde** door het ontwikkelen van nieuwe technologie voor het screenen van moleculaire defecten in stamcellen van patiënten bijvoorbeeld op psychische en hersenziekten waarbij het bestuderen van het orgaan zelf, het brein van de patiënt, geen optie is. Hierdoor kunnen ook grootschalige methoden ontwikkeld worden om interventies voor deze ziekten te testen. Bovendien is voor regeneratieve geneeskunde, orgaan transplantatie en het gebruik van stamcellen de chemie van de kweekmethode (concentraties, vloeistof dynamiek) cruciaal om deze innovatieve technieken kosteneffectief en dus op grote schaal te kunnen implementeren.

Krachtenbundeling:

In Nederland is er een grote verscheidenheid aan universiteiten, academische medische centra als ook biotech startups die zich op bovenstaande richten. Dit heeft zich al vertaald in het Soft Advanced Materials project, het Future Medicines Initiative en het Evidence Based Sensing partnership (EBS-CC). Dit veld zal in samenwerking met patiënt organisaties een relevante chemische bijdrage kunnen leveren aan een verbeterde gezondheid.

4 Bijdrage Chemie missiethema Veiligheid

Het missiethema veiligheid is afgebakend tot *security*, en richt zich daarbinnen op de volgende missies:

1. Integrale aanpak van georganiseerde criminaliteit
2. Maritieme hightech voor een veilige zee
3. Veiligheid in en vanuit de ruimte
4. Cyberveiligheid
5. Genetwerkt optreden op land en vanuit de lucht
6. Samen sneller innoveren voor een adaptieve krijgsmacht
7. Data en intelligence
8. De veiligheidsprofessional

Bij deze missies liggen expliciete uitdagingen voor de chemie op in ieder geval de gebieden van sensorontwikkeling en geavanceerde materialen. Voor Holland Chemistry zijn hier dan ook zeker gebieden waar de aansluiting gezocht kan worden. Vanwege het meer ondersteunende karakter van de Chemie bij dit missiethema's zal de bijdrage in een later stadium worden uitgewerkt.

5 Bijdrage Chemie aan de Sleuteltechnologieën

Om resultaten te boeken op de vier maatschappelijke thema's is technologieontwikkeling onontbeerlijk. Chemie speelt hier een belangrijke rol. Chemische Technologieën zijn onmisbaar bij het realiseren van de missies die horen bij de maatschappelijke uitdagingen *Energie en Duurzaamheid, Landbouw, Water en Voedsel, Gezondheid en Zorg en Veiligheid*.

Ter samenstelling van de overkoepelende KIA sleuteltechnologieën is een uitvraag gedaan, gecoördineerd door het ministerie van EZK en de topsector HTSM, naar MeerJaren Programma's (MJP's) op sleuteltechnologieën.

In deze Chem.I.KIA zijn de gebundelde MJP's opgenomen die door de Holland Chemistry zijn ingediend. Deze meerjarenprogramma's zijn prioritair voor de Holland Chemistry en omvatten een breed spectrum aan sleuteltechnologieën. Alle MJP's zijn gelabelled naar *groep* van sleuteltechnologieën waar het MJP aan bijdraagt, ingedeeld volgens de acht groepen zoals gehanteerd in de [aanpak sleuteltechnologieën](#)¹, en de maatschappelijke uitdagingen waarvoor het MJP relevant is.

Deze MJP's betreffen gevorderde initiatieven waarvoor reeds een groot consortium gevormd is. Daarnaast zijn er opkomende technologieën die van cruciaal belang zijn om de gestelde doelen voor 2050 te behalen, maar die nu nog niet zo ver zijn dat er grootschalig op kan worden ingezet. Dit betreft bijvoorbeeld organ-on-a-chip technologieën. Een compleet overzicht hiervan is te vinden in de [technologische roadmaps van Holland Chemistry](#). Bij een update van de KIA sleuteltechnologieën, zoals voorzien tijdens de looptijd van het KIC, zal de Holland Chemistry uitvragen of voor dergelijke onderwerpen initiatieven kunnen worden ingediend.

De chemische sector in Nederland kent een aantal sterke (vak)verenigingen, *Communities of Innovation* voor procestechnologie ([ISPT](#)), katalyse ([NIOK/VIRAN](#)) en analytische wetenschap en technologie ([COAST](#)). Nederlands wetenschappelijk onderzoek in deze disciplines behoort tot de wereldtop, en is relatief sterk geïnspireerd door uitdagingen. Producenten, gebruikers, en academische onderzoekers werken nauw samen in de katalyse, procestechnologie en analytische chemie. Specifiek op het gebied van polymeerchemie is [DPI](#) een belangrijk verbindend instituut.

Vanuit verschillende topsectoren is de wens gerezen om stakeholders in het materialenveld bij elkaar te brengen om kennisuitwisseling te bevorderen en mogelijkheden voor samenwerking te verkennen. Dit omdat het materialenveld zeer breed is en er op het gebied van deze sleuteltechnologie veel initiatieven en platforms actief zijn. Om dit te realiseren is begin 2019 het landelijk platform MaterialenNL opgericht door de topsectoren Energie, HTSM en Chemie.

MJPs ingebracht door Holland Chemistry nr	Titel
72	Evidence Based Sensing
70	Katalyse en procestechnologie
71	Meet- en detectietechnologie
73	Soft Advanced Materials
56	Electrochemische conversie en materialen en industriële electrificatie
MJPS ondersteund door Holland Chemistry	
32	Materials Innovations
33	Circular Plastics
27	Composiet
86	Bridge
59	Climate proof chemistry
38	Batteries of the future

¹ Chemische Technologieën, Life Science Technologieën, Advanced Materials, Digitale Technologieën, Engineering and Fabrication Technologieën, Nanotechnologieën, Quantum Technologieën, Fotonica

6 Bijdrage Chemie aan Maatschappelijk verdienvermogen

De KIA Maatschappelijk Verdienvermogen is ondersteunend aan de vier missiethema's en aan de sleuteltechnologieën. In deze KIA staat de volgende vraag centraal: hoe kunnen innovatie en transitieprocessen versneld worden om binnen de gestelde tijdshorizon de missies daadwerkelijk te realiseren?

Vanuit de Holland Chemistry zijn 5 programma's ingebracht in

B.1 Safety Delta Nederland

Nederland is dichtbevolkt, verschillende functies vinden dicht op elkaar plaats. De maatschappelijke impact van incidenten en de risico's bij aanwezigheid van gevaarlijke stoffen in ons milieu zijn daarom groot. Voor bedrijven is veiligheid dan ook niet minder dan een 'license to operate' en voor de maatschappij als geheel is het creëren van een gezonde en veilige leefomgeving een 'must'.

In die context staan we voor zowel grote uitdagingen als kansen. Veiligheidsuitdagingen vanwege de veiligheidsimplicaties van nieuwe ontwikkelingen rond bijvoorbeeld de energietransitie, de grote (petro)chemische industrie (44.000 banen, 10e ter wereld), de steeds breder gevoelde noodzaak om blootstelling aan zeer zorgwekkende stoffen te vermijden en de stormachtige ontwikkelingen rond nanomaterialen en biotechnologie. En economische kansen om optimaal gebruik te maken van Nederland als kennis- en innovatieland.

In het (op te richten) Safety Delta Nederland werken overheid, het bedrijfsleven en de wetenschap structureel samen om van de Nederlandse (petro)chemische industrie de veiligste ter wereld te maken. De ambitie van de SDN (niet alleen zeer veilig, maar ook *veiligste in relatie tot andere landen*) houdt in dat niet alleen omgevingsveiligheid op zich en behoud van de 'licence to operate', maar ook economische kansen rond vestigingsklimaat en de vermarkting en export van kennis een essentieel onderdeel van de SDN vormen.

B.5 Brightsite

Brightsite heeft als doelstelling om de verkenning, ontwikkeling en toepassing van nieuwe en beschikbaar komende technologie vorm te geven op basis waarvan de emissie van broeikasgassen conform de 2030/50 doelstellingen van het Klimaatakkoord op Chemelot in Geleen (en daarmee ook op vergelijkbare industriële sites) kan worden gerealiseerd. Hiertoe dient op Chemelot het huidige gebruik van aardgas en nafta sterk te worden gereduceerd. Er dient een transitie naar gebruik van groene elektrische energie, hergebruik van kunststof, vergassing van huisafval en biomassa, opslag en hergebruik van CO2 stapsgewijs en binnen daaraan verbonden veiligheid, maatschappelijke en economische randvoorwaarden te worden gerealiseerd. Technologische lijnen worden verbonden door overkoepelende programmalijnen, gericht op veiligheid, maatschappelijke acceptatie, transities en systeemintegratie, educatie en human capital.

B.6 C-SAM

Het consortium Soft Advanced Materials (C-SAM) is een virtueel onderzoekscentrum, geïnspireerd op maatschappelijke uitdagingen en industriële onderzoeksvragen op het gebied van zachte materialen met superieure eigenschappen (macromoleculen, colloïden, supramoleculaire structuren). De programmering richt zich op twee hoofdlijnen, Adaptive Soft Materials en Sustainable Materials. Daarnaast is er een ondersteunende lijn Platform Science, die zich richt op het verenigen van theorie, synthese, karakterisering en verwerkingsmethoden.

Voor veel toepassingen worden de eisen aan materialen hoger, terwijl de wereldwijde markt zeer concurrerend is. Daarom wordt er veel aandacht besteed aan kostenreductie. Adaptive Soft Materials is een veelbelovende klasse van materialen met tuneable extra functionaliteiten bij het ontwerpen van de volgende generatie coatings, composieten, verpakkingen, sensoren, enz. Ze zijn zeer concurrerend op gebieden zoals gecontroleerde afgifte, zelfherstellende materialen en piëzo-elektrische devices.

Een verandering naar duurzaamheid is noodzakelijk om de groeiende wereldbevolking te voorzien van water, voedsel en energie bij een hogere gemiddelde levensstandaard. Dit vereist minimalisering van de productie-footprint van materialen, maar ook slim hergebruik van de materialen of de componenten ervan.

Hierin zullen Advanced Materials een cruciale rol spelen. C-SAM positioneert zich midden in de doelstellingen van het Nederlandse topsectorenbeleid en voorziet verschillende sectoren van innovatieve materialen voor een veelheid aan uitdagingen.

B.7 EBS-CC

Metingen in het veld voor de landbouw, analyse op de plaats delict voor forensisch onderzoek, point-of-care analyse en diagnose, in-line analyse ten behoeve van processturing, snelle karakterisering van recyclingstromen, waterkwaliteitsmonitoring voor oppervlakte-, riool- en drinkwater, luchtkwaliteitsmonitoring in de buitenlucht, woonhuizen, kantoren en op werkplekken, metingen aan een patient om realtime de medicijndosering bij te stellen, al deze toepassingen hebben baat bij de ontwikkeling van relatief eenvoudige, kleine en mobiele meetapparaten of sensoren. In het programma *Evidence Based Sensing of Chemical Compounds* EBS-CC worden zulke sensoren ontwikkeld en gevalideerd (als apparaat en in toepassingen).

Dit programma omvat het ontwikkelen van kleine, mobiele meetapparaten en sensoren die in veel verschillende omgevingen kunnen worden ingezet. Dit gebeurt langs drie programmalijnen, waarbij 'Bringing the lab to the Sample (L2S)' zich ten doel stelt om nieuwe sensoren en sensorplatforms te ontwikkelen en te valideren voor een grote variëteit aan toepassingen. Understanding Complex Systems (UCS) richt zich op het verkrijgen van systeembegrip, zoals kennis van de interacties binnen een systeem, structuur-prestatierelaties en structuur-eigenschapsrelaties en op de identificatie van indicatoren. High-throughput Analysis and Screening (HTAS) richt zich op hoogwaardige screening (in het lab) inclusief de bijbehorende verwerking van grote hoeveelheden data. Het is nadrukkelijk de bedoeling om in elk van de lijnen fundamenteel onderzoek met toegepast onderzoek en implementatie in bedrijf en maatschappij met elkaar te verbinden.

B.9 Trilateraal Innovatieprogramma Emissiereductie

Als een van de grootste industrieën wereldwijd levert de chemische industrie aan talrijke andere sectoren van de economie en biedt ze innovatieve oplossingen voor de economische en ecologische uitdagingen van vandaag en morgen. Met een omzet van 180 miljard euro en > 350.000 werknemers (2015) is de trilaterale regio Noordrijn-Westfalen, Vlaanderen en Nederland de thuisbasis van één van de krachtigste crossborder geïntegreerde chemische industrieclusters ter wereld.

De klimaattransitie stelt de chemie voor de kolossale opgave van omschakeling op hernieuwbare grondstoffen en energie. Daarbij positioneert de trilaterale chemische industrie zich uitstekend als initiator van nieuwe innovatiegolven waarbij bovendien de mogelijkheden van de digitale transitie kunnen worden benut. Een toekomstig duurzaam verdienvermogen en versterking van de concurrentiekracht van de chemische industrie in trilateraal verband is de essentie van de ambitie van het trilaterale innovatieprogramma. Het programma richt zich op de duurzaamheidstransitie die een zuiver nationale insteek overschrijdt en waar bundeling van krachten door aantoonbaar gemeenschappelijk en nationaal belang is geïndiceerd. De strakke grensoverschrijdende fysieke integratie van chemische fabrieken en locaties in de drie regio's (grondstof, energie, logistiek) zorgt ervoor dat de trilaterale chemische industrie - en ook tal van toeleveringsbedrijven en het mkb - profiteren van een zeer efficiënte productieinfrastructuur.

De chemische industrie is er van doordrongen dat voor het behoud en de versterking van deze koploperspositie gezocht moet worden naar nieuwe businessmodellen, -cases en verdienmodellen..