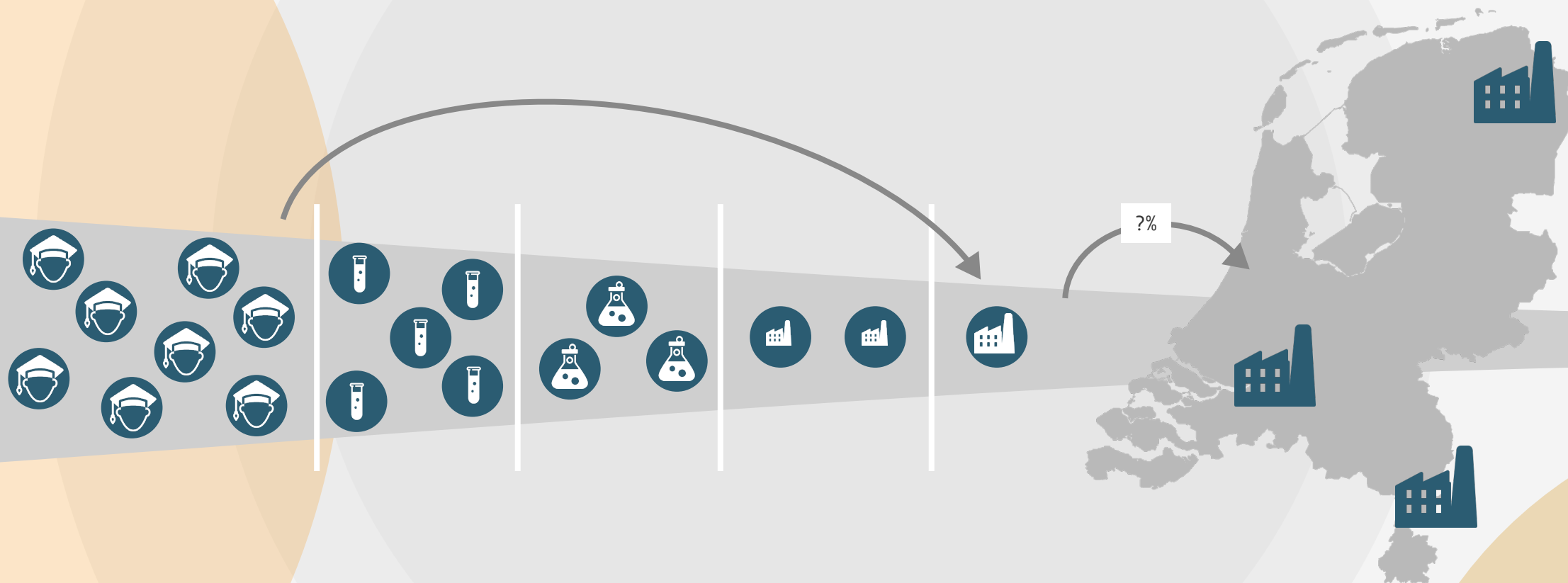


Innovatieportfolio voor klimaat, energie en duurzaamheid

Klimaat-PITCH (Portfolio Innovatie Topsector Chemie)



Sustainable
Strategies

TNO innovation
for life



ChemistryNL

Voorwoord

De grote opgave van de chemie

We staan voor een enorme opgave om de impact van de chemische bedrijvigheid op het klimaat te neutraliseren. In het klimaatakkoord hebben we ambitieuze afspraken gemaakt en doelstellingen bepaald voor de reductie van emissies door de chemie.

Transities in volle versnelling

Holland Chemistry is het innovatienetwerk dat de transities wil versnellen in de relatief korte tijd tot aan 2030 en 2050. In onze industrie nog maar 1 of 2 investeringscycli. Daarbij reiken onze scope en verantwoordelijkheid verder dan de emissie aan de schoorsteen. In de toekomstige circulaire economie zullen we bijdragen aan het sluiten van de materiaalketens, de ontwikkeling van nieuwe duurzame materialen en nieuwe sleuteltechnologieën. Aandachtsgebieden die nodig zullen zijn voor de transitie waar we als maatschappij - en dus ook als sector - voor staan.

Er zijn vele technologische routes denkbaar die positieve bijdragen kunnen realiseren aan een duurzame chemie. Maar doen we het juiste? En doen we genoeg? Dat zijn de cruciale vragen die we ons als professionals in de chemie moeten stellen.

De 'Klimaat-PITCH' als wegwijzer

Het afgelopen jaar heeft Holland Chemistry

daarom samen met het bedrijfsleven en kennisinstellingen een analyse gemaakt van de innovatieportfolio van de topsector chemie. De uitkomst ligt voor u: de 'Klimaat-PITCH'.

In de analyse zijn alle technologieën in kaart gebracht die kunnen bijdragen aan een klimaat-neutrale chemiesector. Per thema is zichtbaar gemaakt welke R&D-inspanningen reeds geleverd worden in publiek-private samenwerking. Vervolgens is in samenwerking met experts een inschatting gemaakt van de volwassenheid van de relevante technologieën (zogenaamde TRL-niveaus). Wetenschappers, R&D managers en business developers hebben beoordeeld in hoeverre deze technologieën kunnen bijdragen aan verduurzaming van onze sector (vermindering gebruik fossiele grondstoffen en bijdrage gebruik hernieuwbare energie)

Primaire aandachtsgebieden

De analyse laat zien dat met de technologieën die nu in ontwikkeling zijn, de klimaatdoelstellingen van de chemiesector – zoals geformuleerd in Chemistry for Climate (VNCI) en het Klimaatakkoord - haalbaar zijn. Daarvoor zijn echter wel de volgende punten van doorslaggevend belang:

1. Voor de 2030-doelstelling zijn technologieën met minimaal TRL 6 nodig. Die pijplijn is gevuld,

maar realisatie is afhankelijk van verdere opschaling naar TRL 9 en uitrol. Daarvoor zijn forse inspanningen nodig.

2. Belangrijke ontwikkelingen als recycling en reductie energetische emissies vragen om systeemanalyses die cross sectoraal moeten worden opgepakt.

3. Aansluiting tussen onderzoek op lage TRL niveaus en implementatie binnen en tussen technologiegroepen vraagt meer aandacht en afstemming.

Aan het werk met elkaar

Met de Klimaat-PITCH heeft Holland Chemistry een helder overzicht gemaakt van de innovatie-opgaven die er liggen voor het klimaat maar is bovendien een praktische structuur en wegwijzer vormgegeven om de kritieke innovatieportfolio te monitoren en te sturen in de nationale programma's. Graag nodig ik u uit om in meer detail onze analyse en aanbevelingen te lezen en aan de slag te gaan, daar waar u een bijdrage kan leveren.

Emmo Meijer

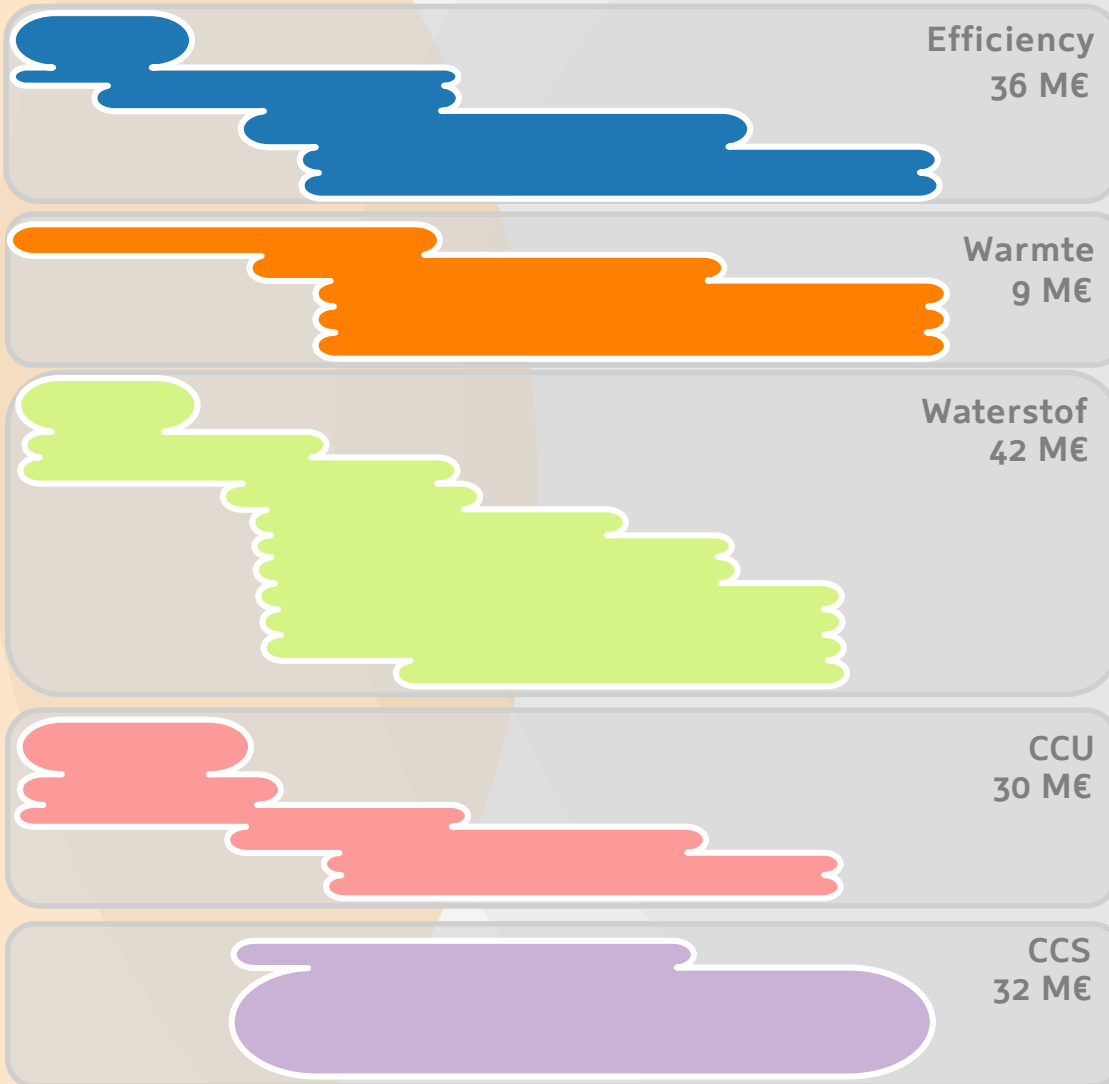


Inhoud

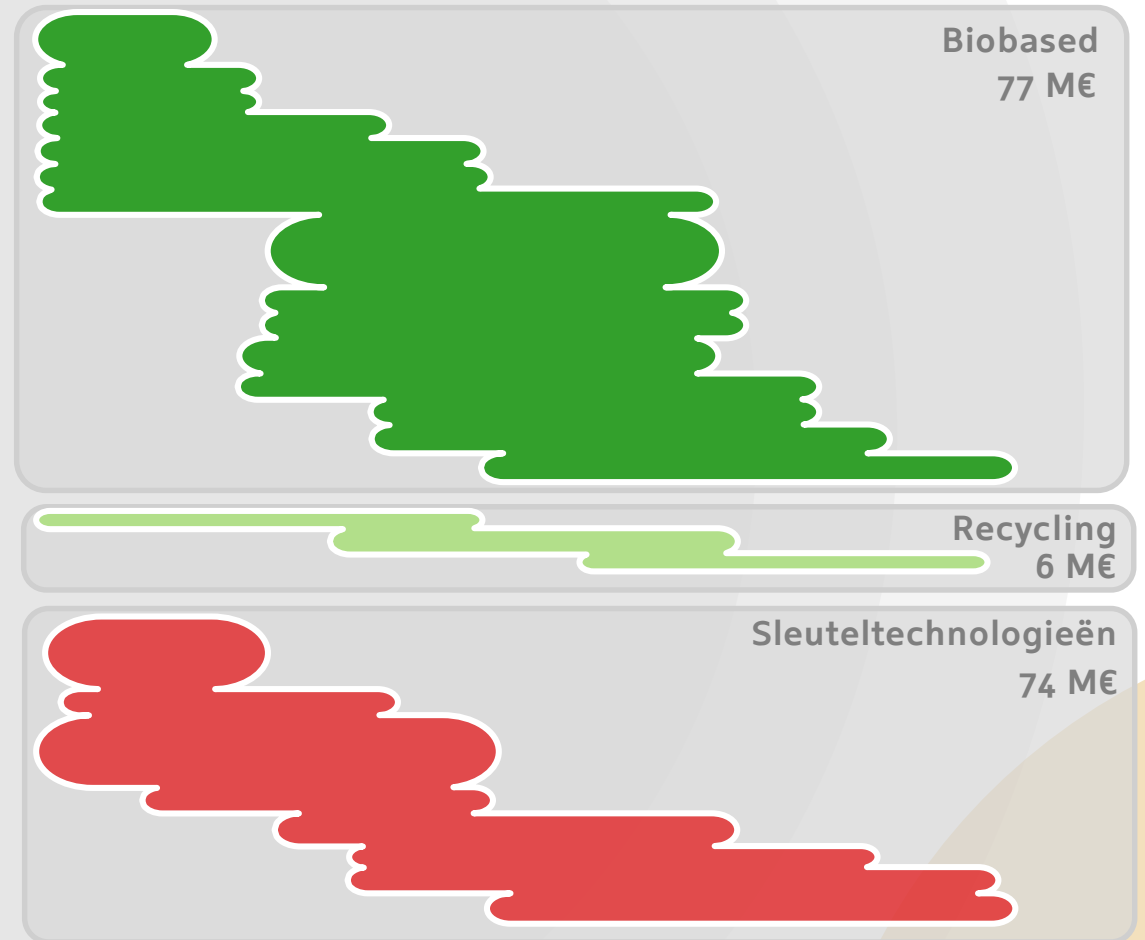
1. Inventarisatie innovatie portfolio	4
2. Methode	5
3. Expert assessment	8
4. Analyse – overall en per deelsysteem	12
5. Aflsuitende observaties	19
6. Bijlagen	
1. Resultaten fase 1	20
2. Betrokken experts	30
3. Samenhang technologieën per oplossingsrichting	34

Grafische samenvatting fase 1: inventarisatie

Onderzoek- en innovatieprogramma's per thema (eind 2018)



*De horizontale as loopt van TRL 1 naar TRL9
Iedere "pil" staat voor een programmalijn die bijdraagt aan het thema. Zie voor een compleet overzicht de bijlage.*





*De bedragen geven de som van de **geschatte** inzet van lopende projecten. Weergave per thema van totale, **geaccumuleerde** projectgelden met publieke financiering..*

EMISSIE-OORZAKEN



In hoeverre kan toekomstige technologie, de huidige emissies reduceren?

Recycling materiaal (fossiele koolstof)

- 1 Hoofdooplossing: Afval scheiden, splitsen, opwerken, recycling (mechanisch en chemisch)
-  Moeilijk oplosbaar: verliezen van materiaal en single-use producten; energie voor recycling
-  Randvoorwaarden:
Zo hoog mogelijke kwaliteit retourstromen;
beperken aantal componenten; design for recycling

Biobased plastics en
single-use products

Energie

- 2 Hoofdooplossing:
Elektrificatie
-  Moeilijk oplosbaar:
Hogetemperatuur warmte
-  Randvoorwaarden:
Beschikbaarheid duurzame
stroom, opslag/stabiliteit

Biobrandstoffen

Materiaal (biobased en CCU)

- 3 Hoofdooplossing:
Zou 'gaps' uit 1 en 2
kunnen opvullen.



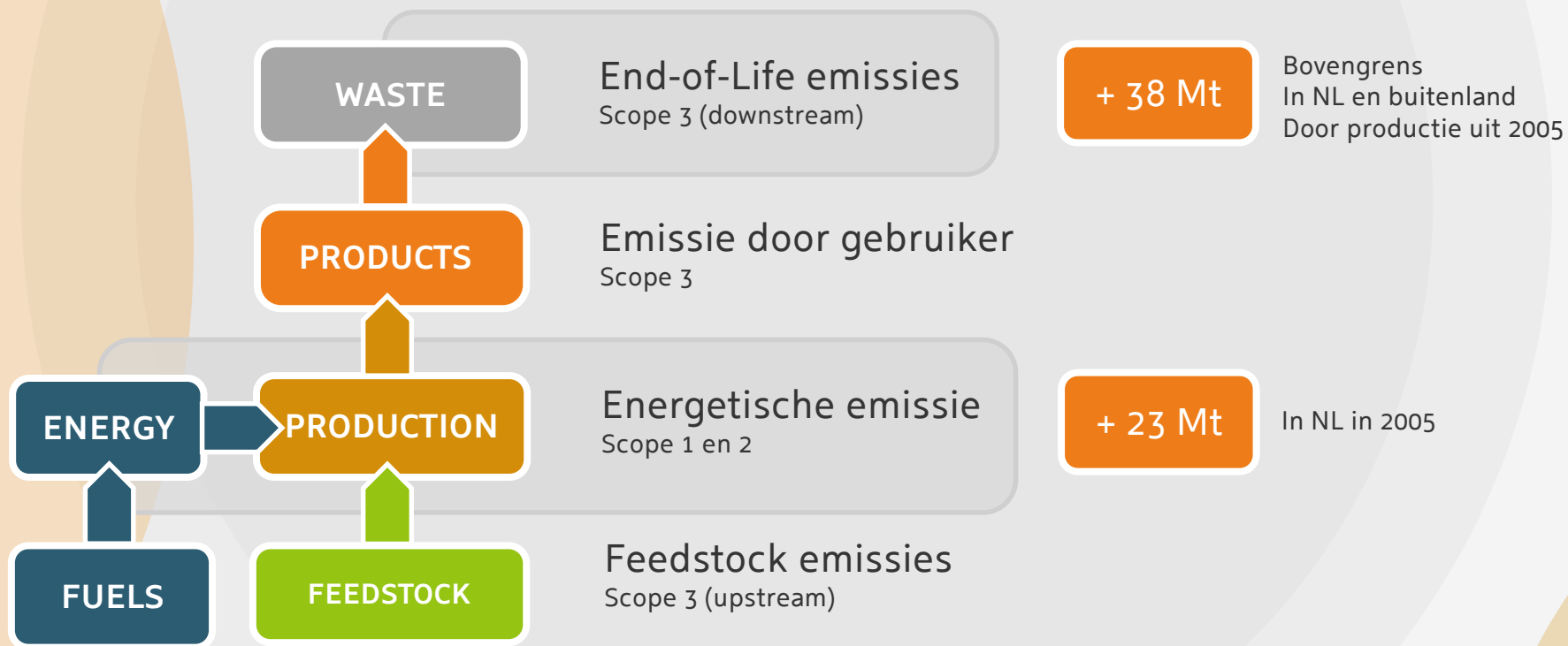
Randvoorwaarden:
De herkomst inclusief milieubelasting upstream; en bij
CCU de beschikbaarheid van duurzame energie.

Broeikasgasemissies chemie keuzes afbakening en schatting

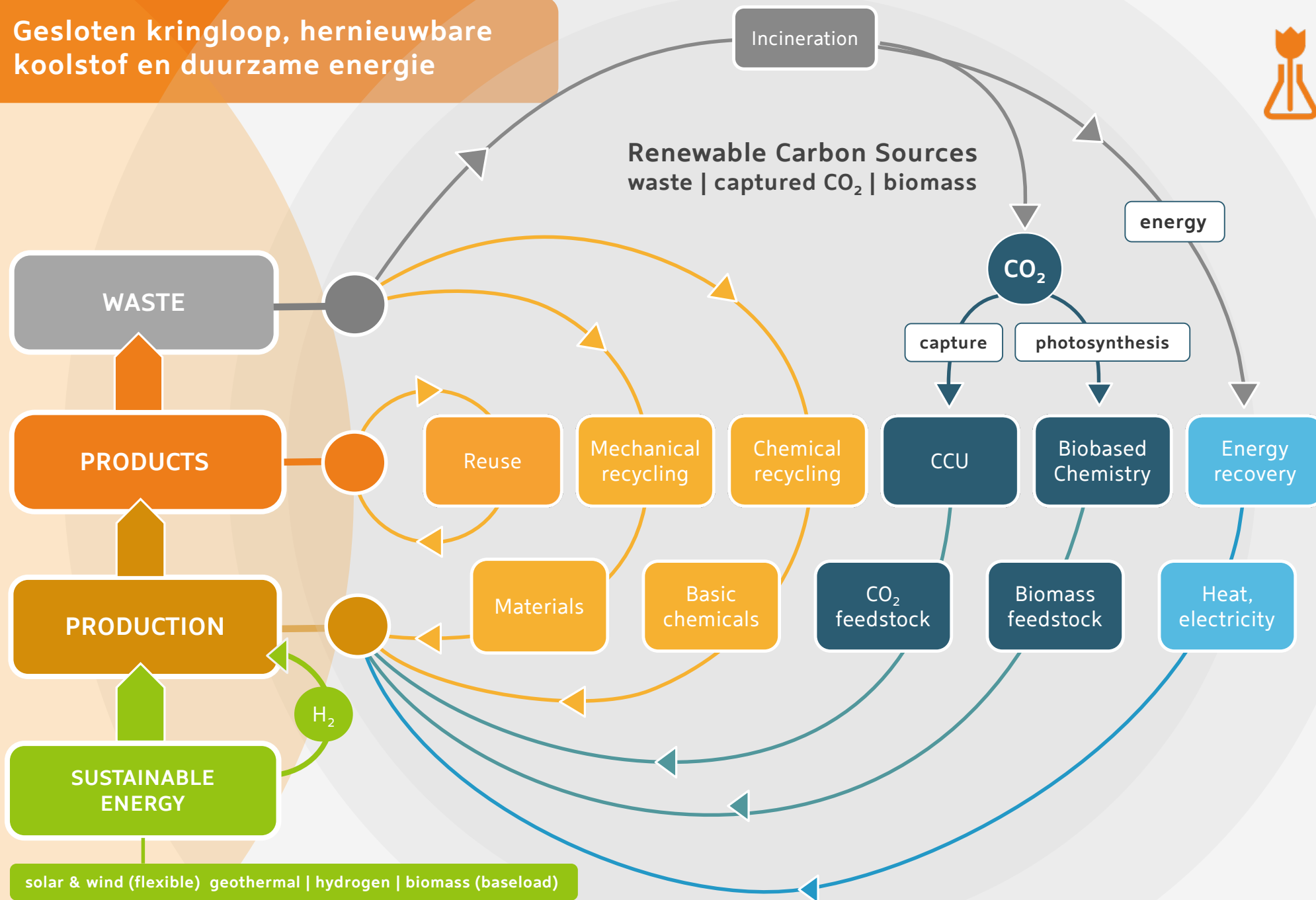
De energetische emissies en productemissie van de Nederlandse chemiesector

Schematische weergave huidige chemieketen

Feedstocks, fuels en producten zijn >90% fossiel
Afval wordt in hoofdzaak verbrand met energierecuperatie



Gesloten kringloop, hernieuwbare koolstof en duurzame energie



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	++	++	++	[Progress bar from TRL 1 to 4]								
	6.1	2. Afvaldetectie en -scheiding	++	++	++	[Progress bar from TRL 5 to 9, labeled 'combinatie']								
	6.1	3. Mechanische recycling	++	+	++	[Progress bar from TRL 4 to 7, labeled 'voorbehandeling']; [Progress bar from TRL 8 to 9, labeled 'recycling']								
	6.1	4. Solvolyse (Oplossen)	?	+	+	[Progress bar from TRL 6 to 8]								
	6.1	5. Depolymerisatie	?	+	+	[Progress bar from TRL 6 to 9]								
	6.1	6. Pyrolyse	0/+	0/+	+/?	[Progress bar from TRL 6 to 8]								
	6.1	7. Vergassen (syngas)	0/+	0/+	+/?	[Progress bar from TRL 8 to 9, partially green]								
Biobased grondstoffen	6.2	8. Biobased vinylpolymeren	0/?	0/+	0/?	[Progress bar from TRL 3 to 7, labeled 'Partial BB']; [Progress bar from TRL 8 to 9, labeled 'PE']								
	6.2	9. Biobased polyesters	0/?	+	+/?	[Progress bar from TRL 5 to 9, labeled 'Partial BB']; [Progress bar from TRL 8 to 9, labeled 'PLA']								
	6.2	10. Bioplastics polyamides en rubbers	0/?	+	+/?	[Progress bar from TRL 2 to 6, labeled 'Synth. Rubbers']; [Progress bar from TRL 6 to 8, labeled 'PA 6,6']								
	6.2	11. Biobased single use producten	0/?	+	+	[Progress bar from TRL 7 to 8]								
	6.2	12. Biobrandstof 1 ^e generatie	0/?	0/+/?	0/+/?	[Progress bar from TRL 7 to 9, labeled 'feedstock']								
	6.2	13. Biobrandstof 2 ^e generatie	0/?	+/?	+/?	[Progress bar from TRL 5 to 8]								

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/?	++	+				UDG							
	7.2/8.1	15. Warmtepomp	++	++	++											
	7.2/8.1	16. Elektrisch verwarmen	+/?	++	+						Boiler / Droger					
HT Warmte	7.4	17. Waterstof boiler	0	+/?	+/?											
	7.4/8.1	18. Fornuis	0	++	+/?				Elektrisch			Biogas				
	7.4/8.1	19. Overige	0	+/?	+/?			Plasma heating industrie		Microgolf			ATFD			
Waterstof	8.1	20. H ₂ via elektrolyse	--	++	++								Alkalisch / PEM			
	6.2 / 8.1	21. H ₂ uit methaan of reststroom	-	-	+/?			Methaanpyrolyse			SMR+CCS Vergassing					
	6.3	22. Fotokatalytisch	+/?	++	++/?											
Power-to-Products	6.3	23. Elektrochemische CO ₂ activering	-	+/?	+		o.a. MeOH									
	8.1	24. Low carbon brandstoffen*	0	0	+											
	8.1	25. Low carbon chemicaliën*	0	0	+					o.a. SNG						
	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

MMIP

Relatie met de Missiegedreven Innovatieprogramma's. Deelprogramma's zijn weergegeven bij technologiegroepen uit de expert assessment (p7-8)

MMIP 6 Sluiting van Industriële Ketens

- 6.1 Circulaire kunststoffen
- 6.2 Biobased grondstoffen voor producten en
- 6.3 CCU(Carbon Capture and Usage – het gebruik van CO2 als grondstof)

MMIP 7 Een CO2-vrij industrieel warmtesysteem

- 7.2 Warmte-hergebruik, -opwaardering en -opslag
- 7.3 Diepe en ultradiepe geothermie voor industrie
- 7.4 Toepassing klimaatneutrale brandstoffen

MMIP 8 Elektrificatie en radicaal vernieuwde processen

- 8.1 Productie waterstof, moleculen, en innovatieve hernieuwbare brandstoffen

Sleuteltechnologieën

Selectie van relevante sleuteltechnologieën voor de technologiegroepen uit de expert assessment (p7-8). Deze selectie is ook toegepast voor de inventarisatie van programma's (bijlage, p26)

ST1 Chemical Technologies

ST1-1	(Bio)Process Technology
ST1-2	Analytic Technologies
ST1-3	Catalysis
ST1-4	Electrification / Hydrogen Technology / Power to Gas
ST1-5	Microreactors
ST1-6	Separation Technology

ST3 Engineering and Fabrication Technologies

ST3-2	Additive Manufacturing
ST3-7	Sensors and Actuators

ST5 Advanced Materials

ST5-1	Bio(related) and Soft Materials
ST5-2	Composites and Ceramics
ST5-4	Energy Conversion Materials
ST5-5	Energy Storage Materials
ST5-7	Smart, Self-healing, Self-organising Materials
ST5-9	Thin Films and Coatings

Nummering volgt KIA Sleuteltechnologieën KIA-ST bijlage A: <https://www.hollandhightech.nl/kia-sleuteltechnologieen>

Totaalbeeld

Voorlopige oordeel

1. Met bestaande technologieën zouden de klimaatdoelstelling te halen moeten zijn.
2. Forse inspanning zijn nodig om de noodzakelijke ontwikkeling mogelijk te maken.

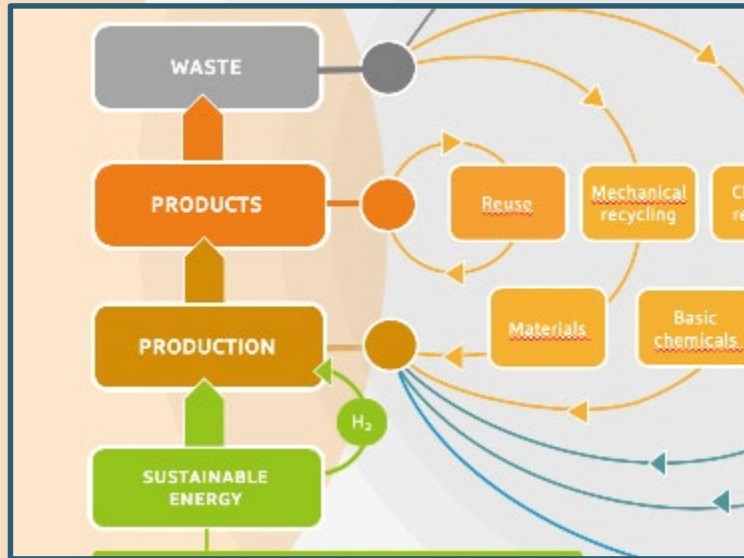
	R&D - inspanning	Opschaling - inspanning	Uitrol - inspanning
Aandachtsgebieden	Design for recycling i.c.m. geavanceerde scheidings-technologie	Chemische recycling; Biobased plastics en single-use producten	Verbeteren kwaliteit en impact recyclingsysteem i.c.m. biobased
	Hoge temperatuur warmte o.b.v. hernieuwbare elektriciteit	Hernieuwbare lage temperatuur warmte; warmtepomp, geothermie	Energie-efficiency
	Directe H ₂ en CO ₂ routes (fotokatalyse, solar fuels, CCU)	Waterstof uit methaan of reststroom; vergassings-technologie; power to products	Waterstof elektrolyse
Algemene randvoorwaarden	Verbeteren aansluiting naar hogere TRLs	KET: Advanced processes & advanced materials	Marktcondities (grondstof-, CO ₂ - en energieprijzen)
	Inzicht in carbon efficiency bij recycling	Verbeteren klimaatimpact	Infrastructuur (opslag en distributie)
		Publiek-private investeringen	Private investeringen

Analyse

Mechanische recycling

(Design for) Recycling

Volwassenheid, klimaat en voorlopig oordeel



Deelsysteem. Design for recycling – scheiden – mechanische recycling

Klimaatimpact. Beste prestatie van alle recycling opties: ca -2,3 ton CO₂-eq / ton input) (CE Delft, 2018)

Volwassenheid Recycling is op commercieel niveau. Scheidingstechnologieën geeft wisselend beeld. Design voor recycling op laag TRL niveau (1-4)

Voorlopig Oordeel

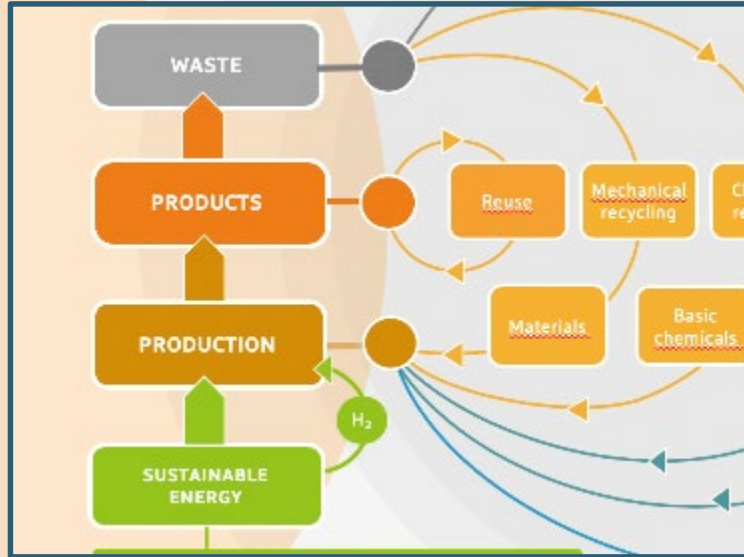
Mechanisch recyclen van kunststoffen is maar voor een beperkt deel van het afval mogelijk, met als belangrijkste oorzaak te lage kwaliteit van invoer en daarmee het product. Dat wordt vooral veroorzaakt door de samenstelling: onscheidbare combinaties van polymeren en additieven.

De manieren om dat te veranderen (ontwerp van de kunststof formulering en van het product: design-to-recycle, en geavanceerde scheidingstechnieken) krijgen nauwelijks aandacht. Hier is ruimte voor een grotere inspanning, vooralsnog vooral op lagere TRL niveau's (1-4)

Analyse

Chemische recycling

Volwassenheid, klimaat en voorlopig oordeel



Deelsysteem. scheiden – chemische recycling

Klimaatimpact. Positief, maar afhankelijk van exacte details beperkt: ca -0,2 tot -0,8 ton CO₂-eq / ton input ton CO₂-eq / ton input voor pyrolyse/vergassing en ca -1,5 ton voor dissolution/depolymerisatie (CE Delft, 2018)

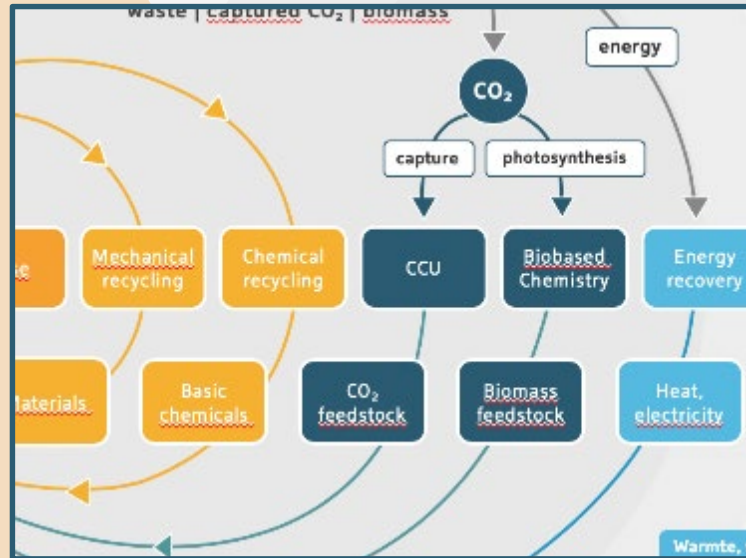
Volwassenheid Deels in opschalingsfase. Ontwikkeling van combinatie chemisch/fysisch recycling (TRL4-5) kan betere klimaatimpact opleveren.

Voorlopig Oordeel

- Chemische recycling naar monomeren of syngas wordt sterk opgepakt (Ioniqa, ECN, Sabic). Voor een aantal afvalstromen (polyolefine, polyester) is het vooral een kwestie van *opschalen*. (van TRL 4 naar 8). Dat geldt ook voor recycling van gemengd afval tot syngas. Noodzaak om activiteiten te coördineren.
- Voor een aantal kunststoffen met kleinere afvalstroom (polyamide, polyurethaan, textiel in het algemeen) is er nog nauwelijks gewerkt aan chemische recycling en is er ruimte voor *onderzoek* op lager TRL niveau
- Carbon efficiency is belangrijke maatstaf, maar niet met voldoende zekerheid bekend.

Analyse Biobased

Volwassenheid, klimaat en voorlopig oordeel



Deelsysteem. Biomassa teelt of inzameling - Productie van bioplastics, single-use producten en biobrandstoffen, CCU

Klimaatimpact. Beter dan fossiel, maar mate waarin is sterk afhankelijk van exacte combinatie grondstof en proces. Upstream scope 3 emissies niet verwaarloosbaar.

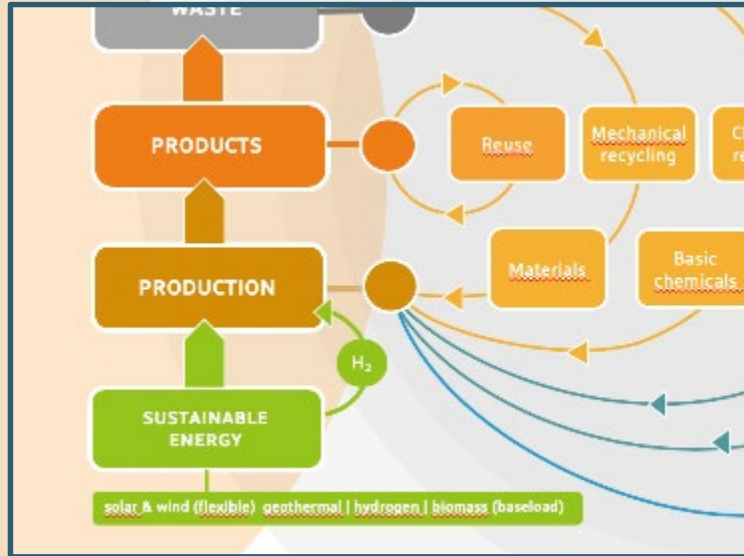
Volwassenheid. Zeer divers beeld over alle TRL niveaus. Onzekerheid over opschaling bij veel routes.

Voorlopig Oordeel

- Ondanks veel onderzoek is de huidige inzet van biomassa als grondstof nog beperkt. De hoge ontwikkel- en implementatiekosten en hiermee samenhangende risico's zorgen ervoor dat de ontwikkeling en opschaling relatief langzaam verloopt.
- Biomassa is op dit moment eerder een niche-grondstof (bv. vetzuren voor zeep en surfactants).
- Een deel van 1e generatie biofuels is al commercieel beschikbaar
- Voor 2e generatie biofuels zijn de processen bekend op grote schaal, maar ligt de uitdaging erin om het proces ook met andere feedstocks en op kleinere schaal economisch te krijgen.
- Er is geen level playing field in de support voor biomassa voor energie en als grondstof voor hoogwaardige materialen.

Analyse Waterstof

Volwassenheid, klimaat en voorlopig oordeel



Deelsystemen. Elektriciteit – elektrolyse; fossiele feedstock – SMR – CCS; afval – vergassen*; decarbonisatie methaan

Klimaatimpact. Afhankelijk van de rest van de keten. Met groene stroom gaat elektrolyse richting 100% reductie.

Volwassenheid Elektrolyse alkalisch/PEM (TRL8-9). Nieuwe elektrolysevarianten in demofase. Alternatieven: vergassing of SMR+CCS (TRL6-8); methaanpyrolyse (TRL 3-6) of fotokatalytische routes (TRL 1-4)

* Er zijn meerdere, complementaire vergassingstechnologieën

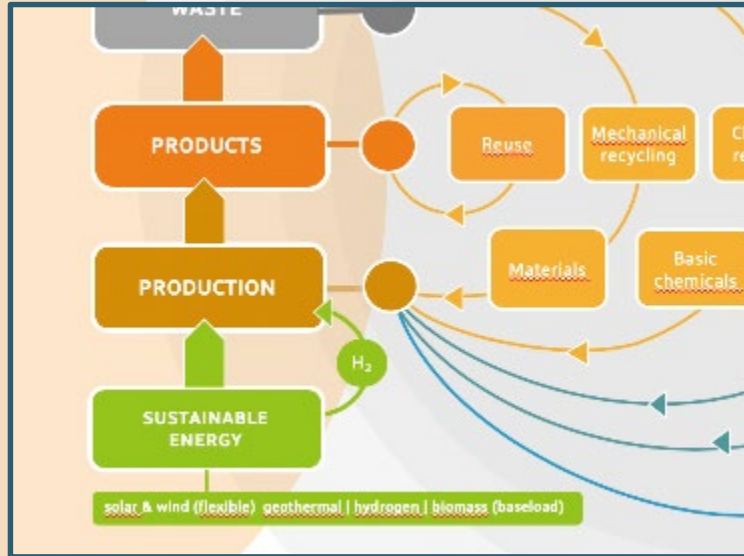
Voorlopig Oordeel

- Er is veel aandacht voor electrolyse van water (TRL 8-9). Ten opzichte van andere waterstoftechnologieën is dit relatief kostbaar door ongunstige thermodynamica. Alternatieven (decarbonisatie van methaan met nuttig gebruik van koolstof, vergassing van getorrificeerde reststromen. SMR + CCS) kunnen financieel aantrekkelijker zijn. Deze bevinden zich in een proces van opschaling (van TRL 6 naar 8/9)
- Door verscheidenheid aan technologieën over brede range van volwassenheid is deze pijplijn robuust
- Buffering en opslag zijn belangrijke randvoorwaarden.

Analyse

Power to products

Volwassenheid, klimaat en voorlopig oordeel



Deelsystemen. Indirecte route: Hernieuwbare bron – waterstof – productie. Directe route: (foto)elektrochemische productie

Klimaatimpact. Positief, mits de rest van de keten geen CO₂ uitstoot heeft.

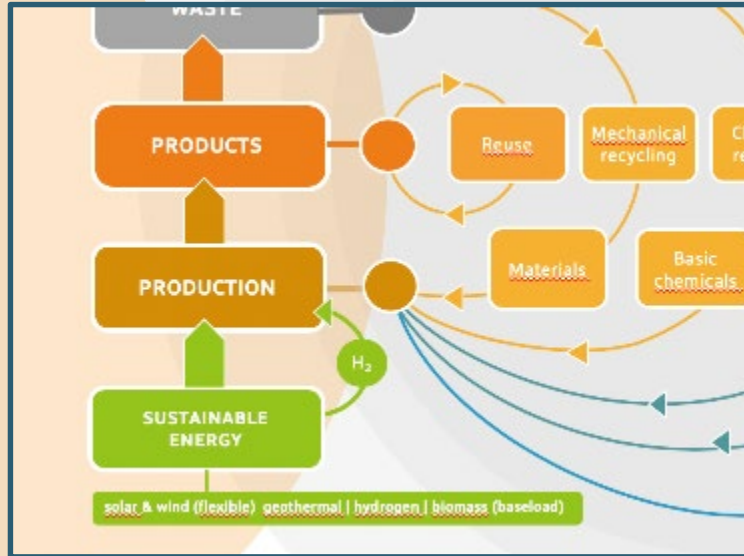
Volwassenheid. Bottleneck bij indirecte routes zit in de productie van koolstofarme waterstof (syngas). Foto-elektrochemische routes in onderzoeksfase (TRL<4)

Voorlopig Oordeel

- Indirecte route is ‘oude chemie’, maar nooit opgeschaald en op midden TRL.
- Een benchmark is gewenst tussen power → producten en power → waterstof → producten
- De belofte ligt in directe omzetting vanuit water en CO₂. Elektrochemisch of foto-elektrochemisch. Dit is nog < TRL4 en overlapt deels met CCU.

Analyse warmte

Volwassenheid, klimaat en voorlopig oordeel



Deelsysteem. Hernieuwbare bron - warmtetechnologie voor zowel lage- en middentemperatuur als hoge temperatuur.

Klimaatimpact. Warmte uit hernieuwbare bronnen kan scope 1 emissies zeer ver reduceren, afhankelijk van totale keten. Impact hoger in combinatie met efficiencyverbetering.

Volwassenheid Power-to-heat opties voor lage en middelhoge temperaturen op TRL7-9. Voor hoge temperaturen zijn de elektrische opties op pilot niveau of research fase. Biogas en conventionele geothermie zijn technisch volwassen. Geothermie voor hoge temperaturen (UDG) bevindt zich in pilot-fase.

Voorlopig Oordeel

- Voor lage en middelhoge temperaturen zijn er meerdere technische opties op basis van zowel elektriciteit als aardwarmte met TRL 7-9 en is de pijplijn robuust. De energieprijzen vormen de belangrijkste randvoorwaarde.
- Inzet van hernieuwbare energie (in principe elektriciteit) is vooral een technische uitdaging voor hoge-temperatuur warmte, die nu wordt geleverd door directe aanvuring. De aandacht hiervoor was tot nog toe beperkt. Een aantal methoden (resistieve verwarming) heeft vooral opschaling, terwijl een aantal alternatieven (plasmatechnologie) nog in *onderzoek* verkeren.

Observaties

Volwassenheid, klimaat en voorlopig oordeel

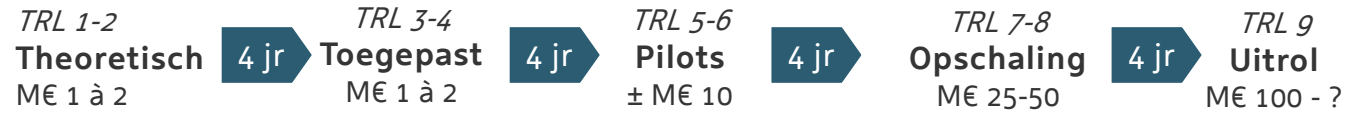
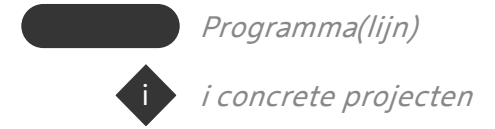
- Voor doelstelling 2030 zijn technologieën met minimaal TRL 6 nodig. Die pijplijn is gevuld, maar realisatie is afhankelijk van opschaling naar TRL 9 en uitrol.
- Bij keuzes voor 2030 moet de doorkijk naar 2050 nadrukkelijk worden meegenomen
- Recycling en energetische emissies moeten in samenhang geoptimaliseerd worden. Dat vraagt om *system*innovatie. Voor een circulaire economie is de bijdrage vanuit de chemie essentieel
- Aansluiting tussen onderzoek op lage TRLs en implementatie in hogere TRLs binnen en tussen technologiegroepen vraagt meer aandacht.

Innovatie portfolio

- Naar verhouding gaat er weinig aandacht uit naar hoge temperatuur warmte, recycling en CCU.
- Biobased chemie is nu gericht op het realiseren van de hoogste toegevoegde (economische) waarde. Dat geeft een kans om op te schalen en de leercurve te gebruiken om grotere volumes mogelijk te maken. De ontwikkelingsagenda zou eveneens moeten aansluiten op de doelstellingen voor klimaat en circulaire economie.

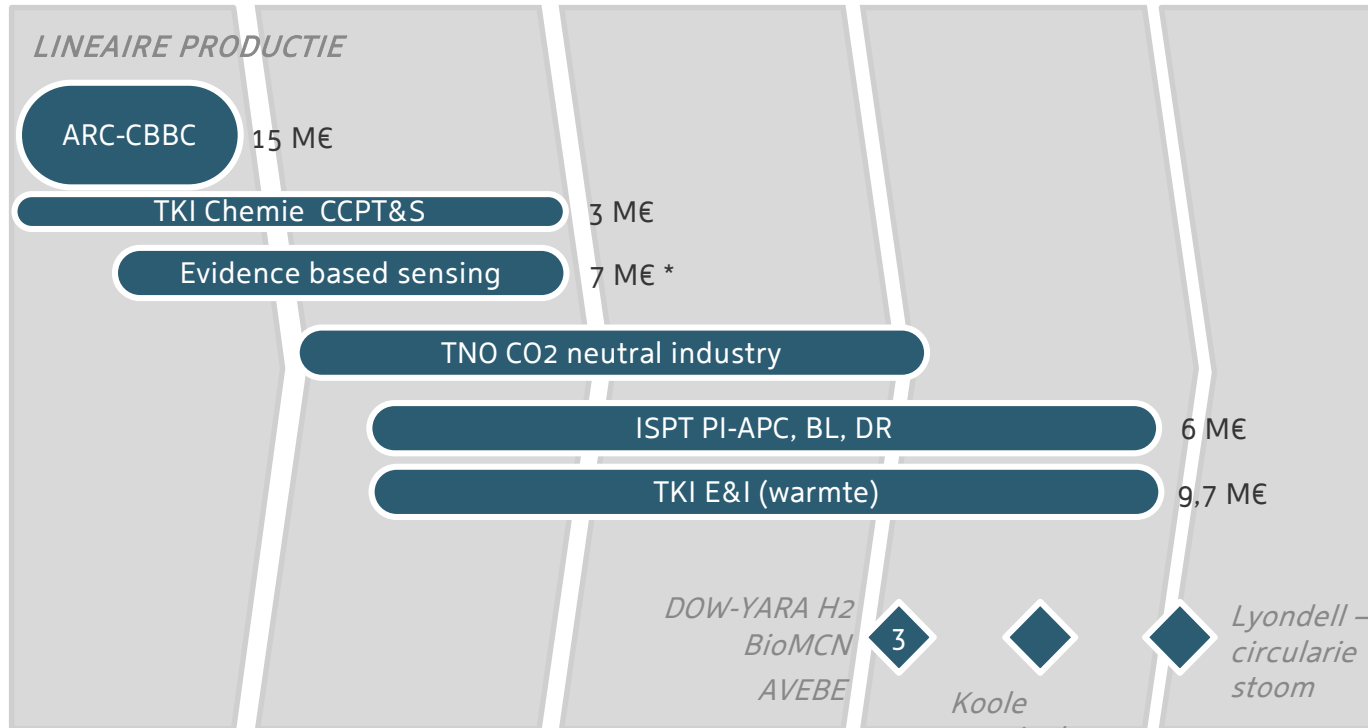
Bijlage 1

Inventarisatie programma's per thema



Efficiency

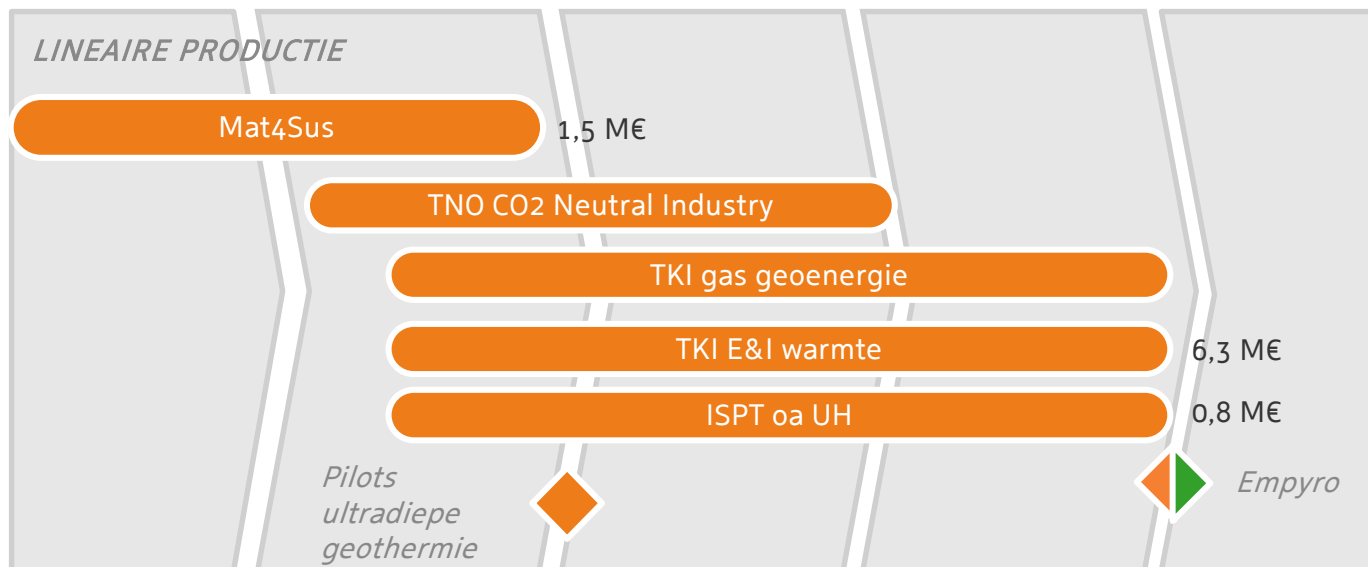
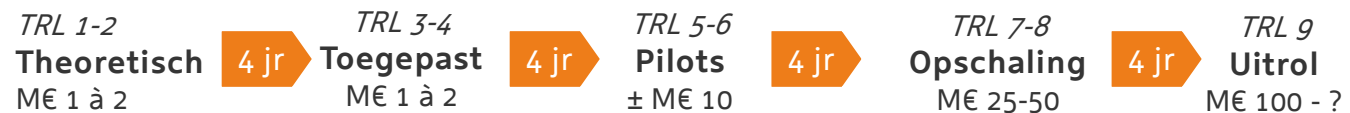
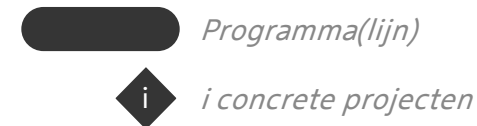
Verlaging van de energievraag



* Totaal voor programma. Geen schatting voor efficiency

Warmte

Het innovatie landschap

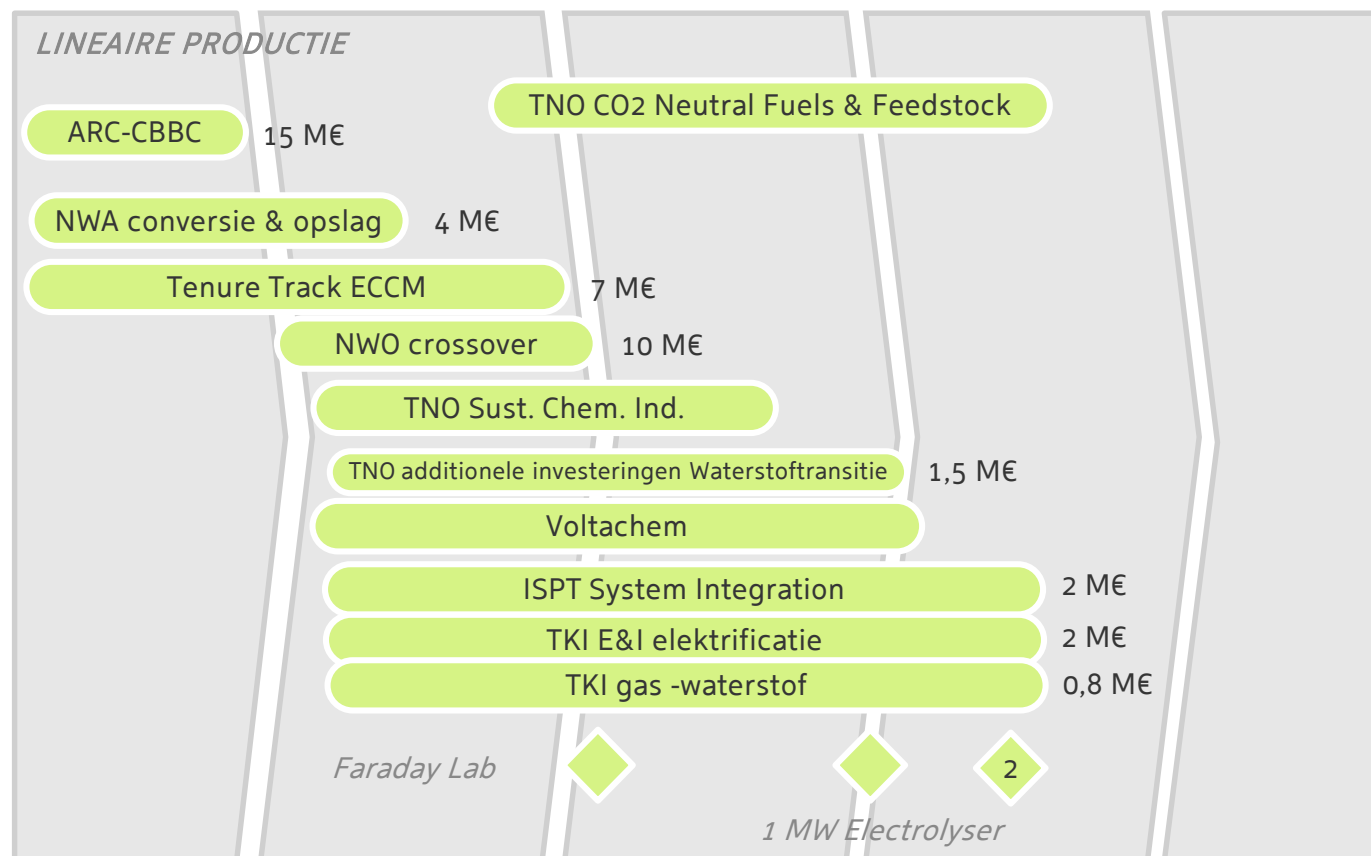
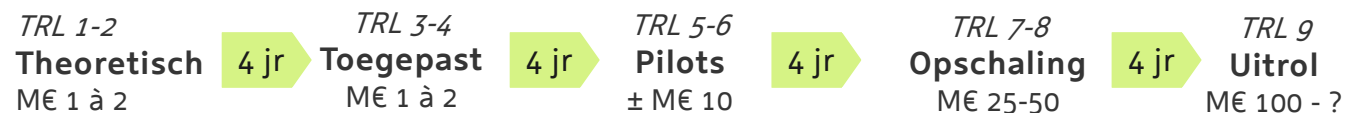
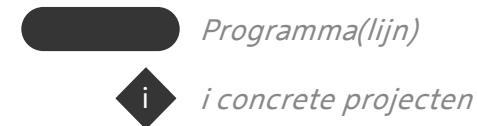


Warmte
Op basis van hernieuwbare energiedragers

De bedragen geven **geschatte** inzet per thema van totale projectgelden met publieke financiering.

Waterstof en power-to-chemicals

Het innovatie landschap



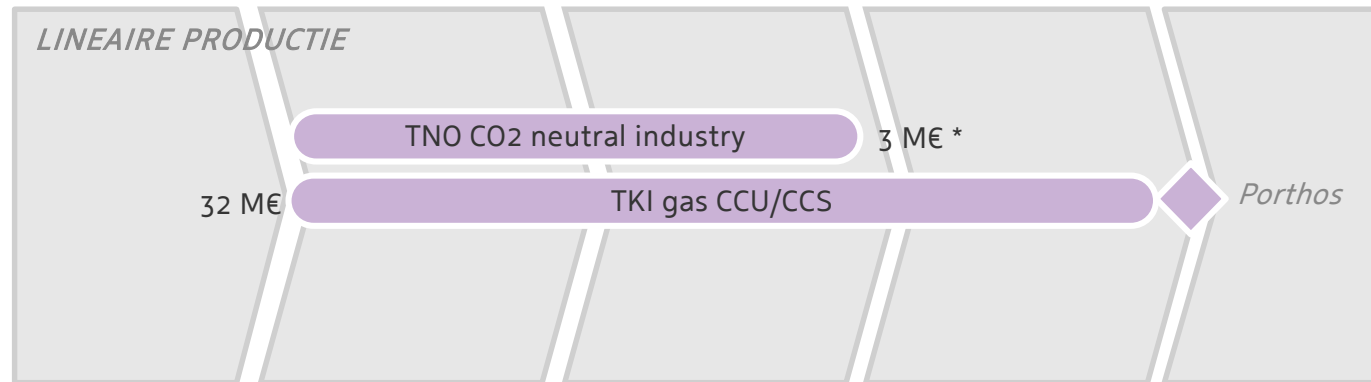
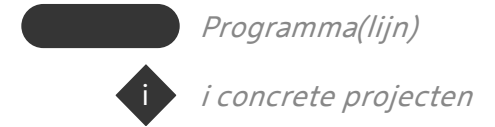
Waterstof / ECCM

Power-2-chemicals en productie van groene en blauwe waterstof

De bedragen geven **geschatte** inzet per thema van totale projectgelden met publieke financiering.

CCS

Het innovatie landschap



* Totaal voor programma. Geen schatting voor CCS

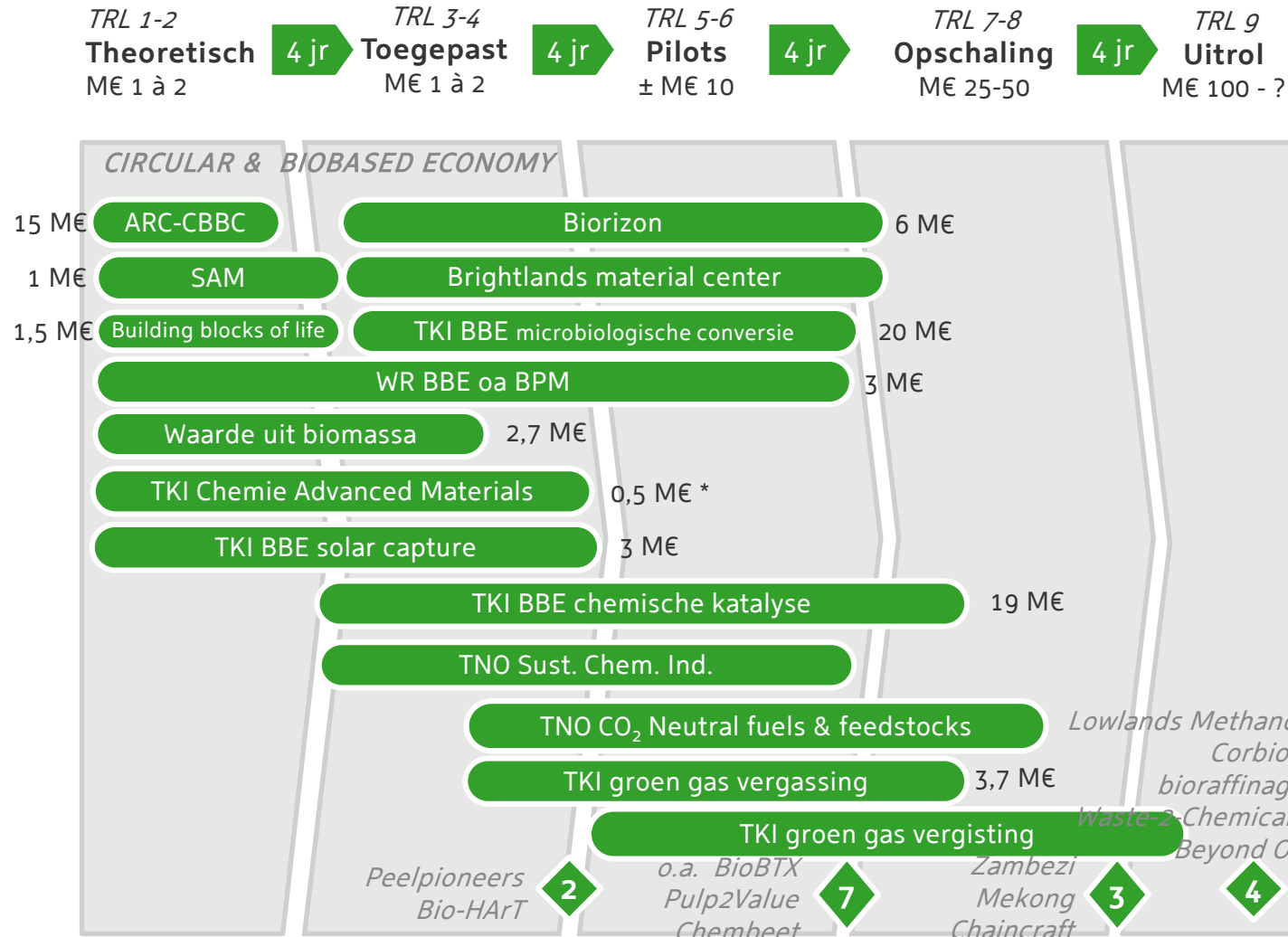
De bedragen geven **geschatte** inzet per thema van totale projectgelden met publieke financiering.

Biobased chemie

Het innovatie landschap

 Programma(lijn)

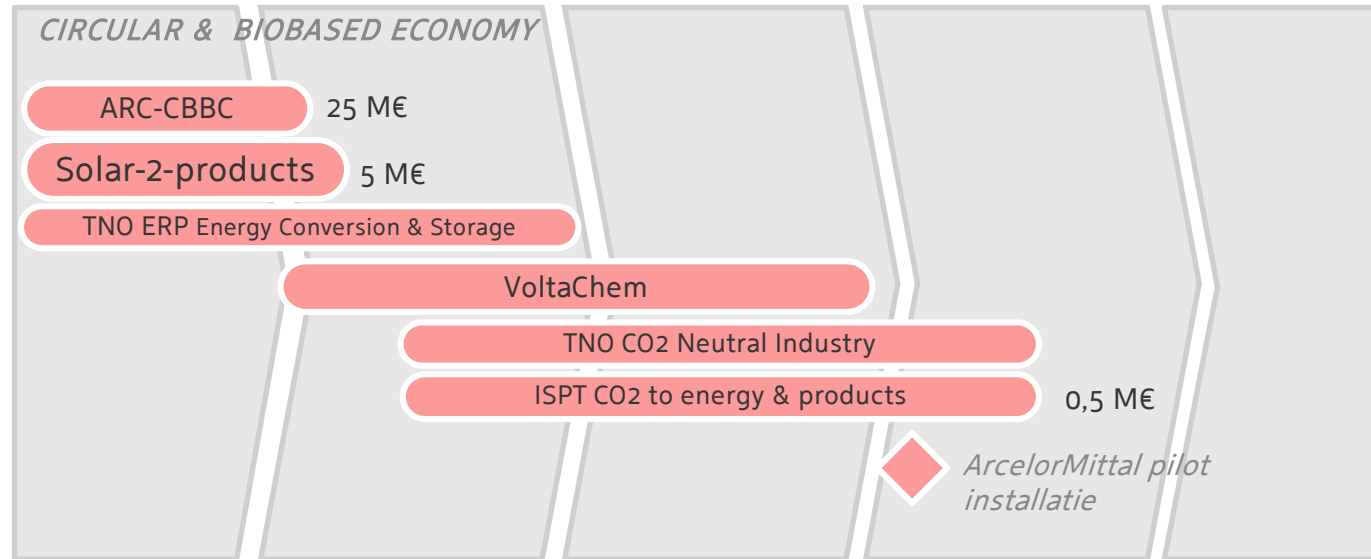
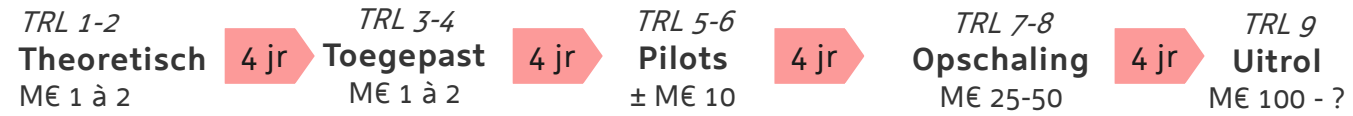
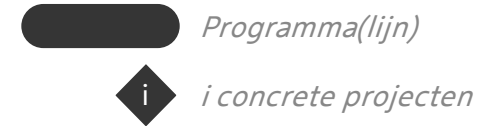
 i concrete projecten



Biobased
Grondstoffen op basis van biomassa

* Totaal voor programma. Geen schatting voor CCS

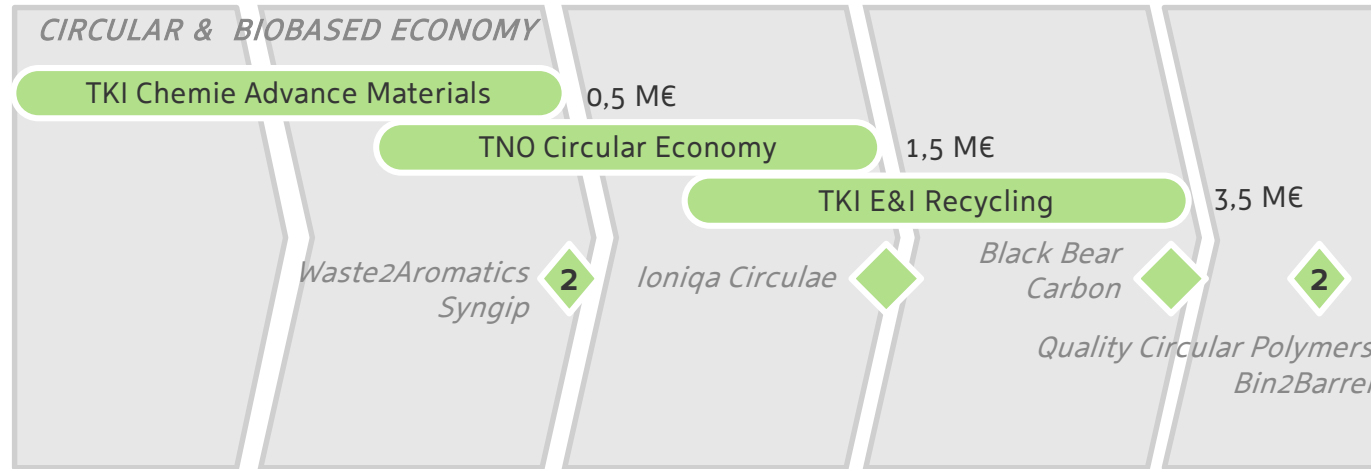
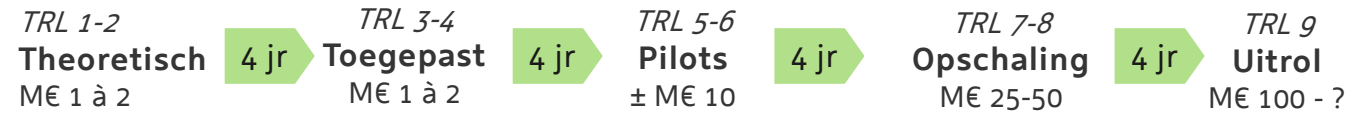
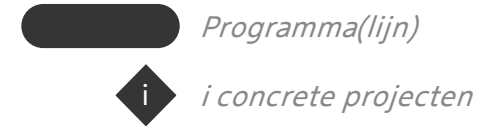
De bedragen geven **geschatte** inzet per thema van totale projectgelden met publieke financiering.



CCU

Recycling

Het innovatie landschap



Recycling
Het sluiten van de keten

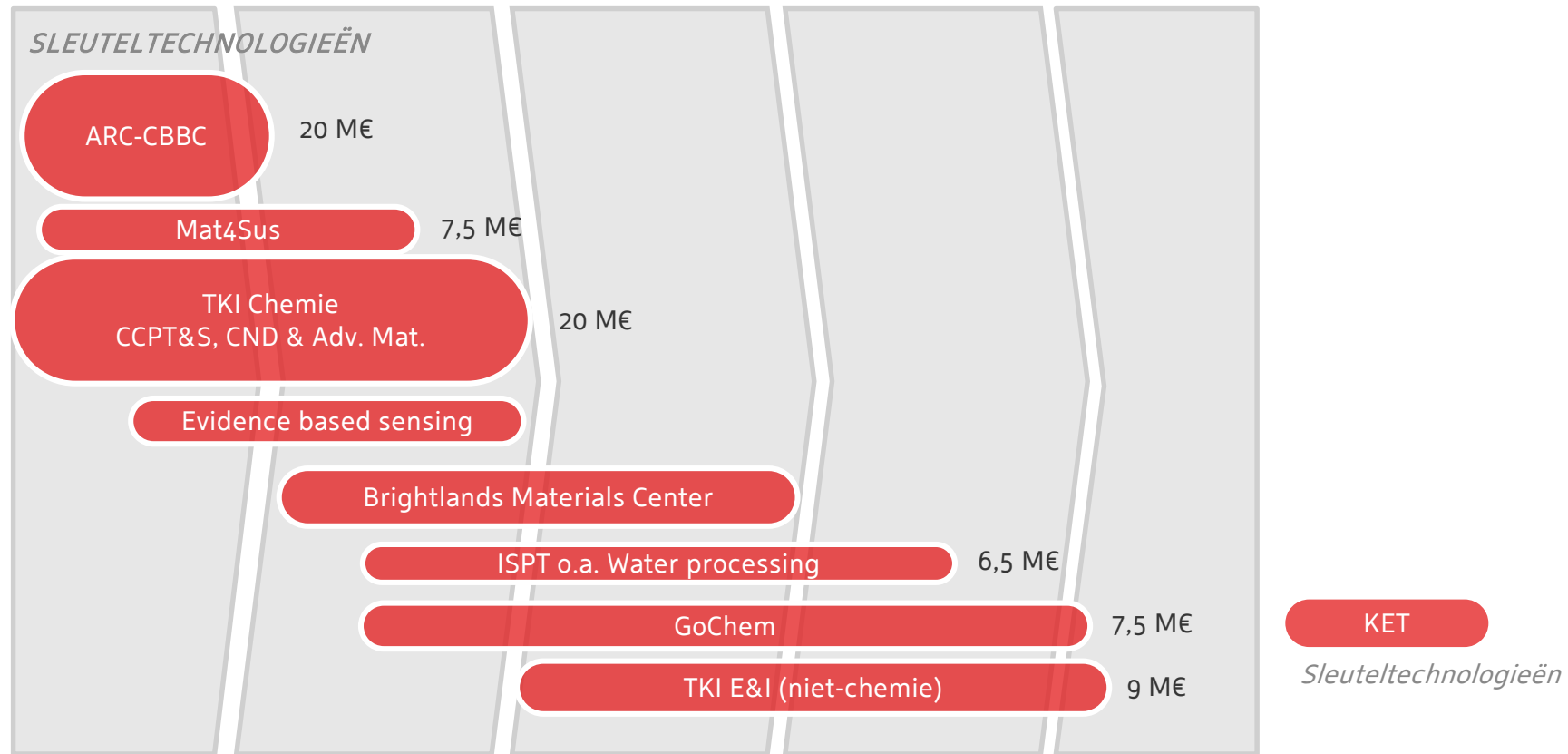
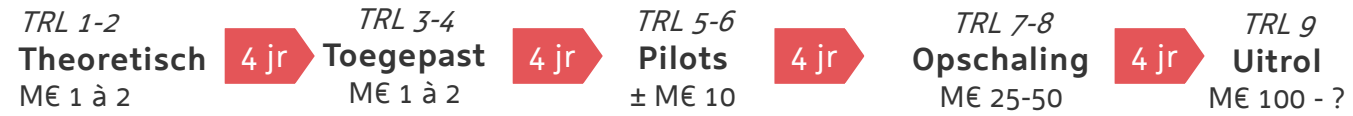
De bedragen geven **geschatte** inzet per thema van totale projectgelden met publieke financiering.

Sleuteltechnologieën

Het innovatie landschap

Programma(lijn)

i concrete projecten



De bedragen geven **geschatte** inzet per thema van totale projectgelden met publieke financiering.

Fieldlabs

Onderdeel van het innovatie-ecosysteem in Nederland (TRL5-6 en TRL 7-8)

● Initiërend

● Draaiend

Thema's

— Efficiency

— Warmte

— Waterstof

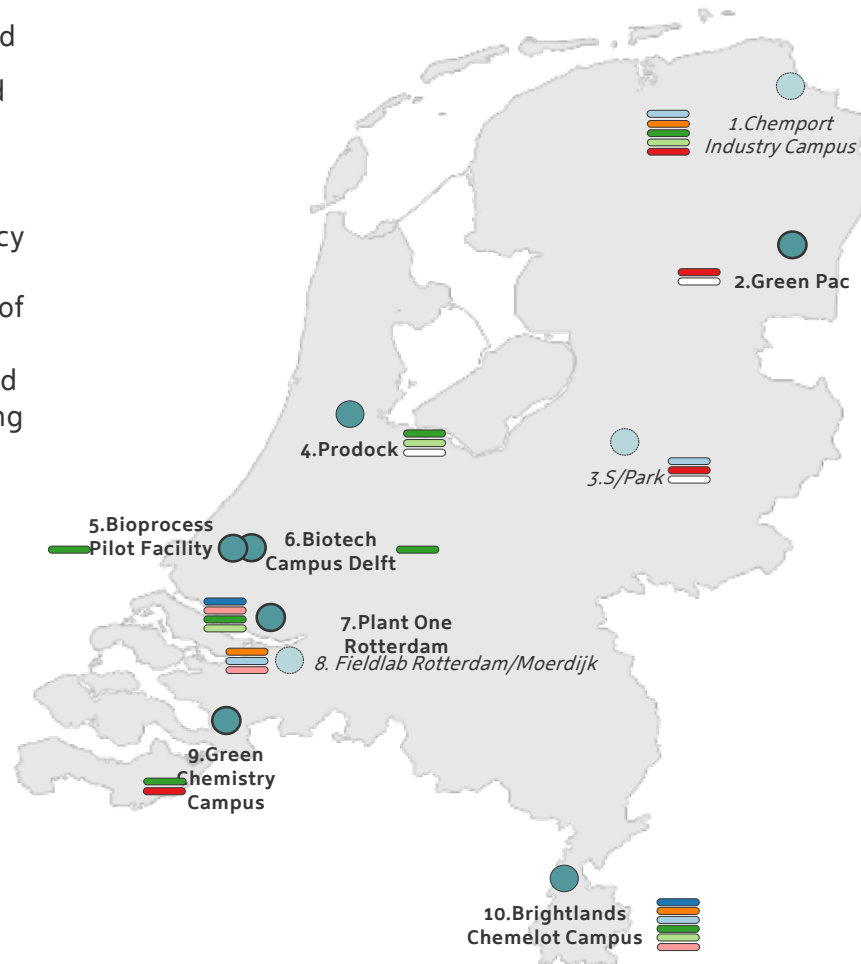
— CCU

— Biobased

— Recycling

— KET

— Overig



Fieldlab	Thema's
1. Chemport Industry Campus (initierend) Delfzijl	Recycling, biobased, elektrificatie, digitalisering, ketenintegratie, energie-innovatie Groene chemicaliën uit biomassa en hernieuwbare energie . Faciliteren van innovaties die opgeschaald kunnen worden.
2. Green PAC Emmen	Met name materialen Green PAC is een open innovatiecentrum voor (groene) kunststoffen, vezels en composieten. Ze initiëren en faciliteren 'businessdriven' kennisontwikkeling.
3. S/Park (initierend) Deventer	Waterstof, digitalisering (KET) (programma's in ontwikkeling) Innovatie ecosysteem op het gebied van hoogreactieve chemie en technologie. Veiligheid, scalability, sustainability en slimme fabrieken.
4. Prodock Amsterdam	O.a. recycling, biobased, energietransitie Innovatie hub van de Amsterdamse haven waar ondernemers hun producten, processen en propositie snel en doeltreffend kunnen ontwikkelen en uitrollen.
5. Bioprocess Pilot Facility Delft	Biobased Opschalen industrieel biotechnologische processen, verwaarden biomassastromen.
6. Biotech Campus Delft Delft	Biobased Applicatie van levende cellen en/of hun producten in industriële processen, bijv. bio-fuels, kleurstoffen.
7. Plant One Rotterdam Rotterdam	Efficiency, recycling, CCU, biobased Testfaciliteiten voor duurzame procesinnovaties en oplossingen voor procesverbeteringen.
8. Fieldlab Rotterdam-Moerdijk (initierend) Rotterdam/Moerdijk	Waterstof, warmte, CCU Technologieën op industrieel relevante schaal in een praktijkomgeving testen. Innovatie met Power-2-X.
9. Green Chemistry Campus Bergen op Zoom	Biobased, materialen (KET) Opschaling van nieuwe, duurzame materialen en chemicaliën voor de bouwmaterialen- en verpakingsindustrie.
10. Brightlands Chemelot Campus Geleen	Biobased, waterstof, CCU, recycling, efficiency, warmte Ontwikkeling van slimme materialen (voor de biomedische, automotive en verpakingsindustrie) en duurzame chemische productieprocessen (hernieuwbaar, efficiënt en biobased).

Bron: Bijeenkomst innovatiecampussen/fieldlabs chemie-energie, 29-10-2018

Bijlage 2

Betrokken experts

Expert sessie recycling

Betrokken experts

Naam	Achternaam	Organisatie	Functie	Afdeling / werkveld	Rol
Geert	Bergsma	CE delft	Manager	Life cycle analysis	Deelnemer
Paul	Brandts	Brightlands	Consultant, ex DSM		Deelnemer
Tom	Caris	Coolrec	Project manager		Deelnemer
Jaap	Kiel	ECN Part of TNO	Unit Program Development Manager	Biomass	Betrokken
Josse	Kunst	Kiduaara	Owner	Circular economy	Deelnemer
Katja	Loos	RUG	Professor	Faculty of Science and Engineering	Betrokken
Karin	Molenveld	WUR	Sr. Scientist	Biopolymers	Deelnemer
Mark	Roelands	TNO	Sr. Scientist	Process Technology	Deelnemer
Maria	Soliman	SABIC	Onderzoeker	Material Sciences / polymers	Betrokken
Jan-Willem	Steyvers	Attero	Projectontwikkelaar		Deelnemer
Yvonne	Van Delft	ECN Part of TNO	Innovation Manager	Efficiency & Circularity	Betrokken
Keimpe	van den Berg	AkzoNobel	Onderzoeker	Resins en coatings	Deelnemer
Jaap	van Hal	ECN Part of TNO	Innovation Manager	Biorefinery	Betrokken

Expert sessie warmte, waterstof en elektrificatie

Betrokken experts

Naam	Achternaam	Organisatie	Functie	Afdeling / werkveld	Rol
Rajat	Bhardwaj	TNO	Research scientist		Deelnemer
Martijn	Broekhof	VNCI	Head of unit	Climate & Energy	Betrokken
Jurriaan	Huskens	Universiteit Twente	Professor	Molecular Nanofabrication	Deelnemer
Rob	Kreiter	TKI Energie en Industrie	Hoofdlijnmanager	Systeemintegratie - elektrificatie en flexibilisering	Deelnemer
Bennie	Reesink	BASF	Onderzoeker	Katalyse	Deelnemer
Marijn	Rijkers	Chemelot-Inscite	Program director	Biobased	Betrokken
Lennart	Van der Burg	TNO	Business Development Manager	Green Hydrogen & Sustainable Heat	Deelnemer
Harry	van Dijk	Deltalinqs/ISPT			Betrokken
Marc	Van Doorn	Brightlands	Business Development	voorheen OCI	Deelnemer
Martin	van Sint Annaland	TUE	Professor	Chemical Proces Intensification	Betrokken
Eelco	Vogt	Albermarle	Adviseur, voormalig directeur R&D		Betrokken
Bas	Warmenhoven	EZK	Accounthouder Topsector Chemie	Directoraat Generaal Bedrijfsleven & Innovatie	Toehoorder

Expert sessie biobased chemie en CCU

Betrokken experts

Naam	Achternaam	Organisatie	Functie	Afdeling / werkveld	Rol
Harry	Bitter	WUR	Professor	Biobased chemistry and technology	Betrokken
Kees	de Gooijer	TKI agri	Chief Inspiration Officer	agri & food, biobased economy	Deelnemer
Ed	de Jong	Avantium	VP Development		Deelnemer
Arnold	Driessen	RUG	Professor	Faculty of Science and Engineering	Betrokken
Reinier	Grimbergen	TNO	voormalig DSM		Deelnemer
Stephan	Janbroers	TNO	Sr Business Developer	Biomass	Deelnemer
Jaap	Kiel	ECN Part of TNO	Unit Program Development Manager	Biomass	Betrokken
Jos	Put	Brightlands	Professor, voormalig DSM		Deelnemer
Marijn	Rijkers	Chemelot-Inscite	Program director	Biobased	Betrokken
Karin	Schroën	WUR	Personal Professor	Agrotechnology and food science	Betrokken
Willem	Sederel	Biobased Delta	Board member		Betrokken
Jan Harm	Urbanus	TNO		Chemische technologie	Deelnemer
Daan	van Es	WUR	Sr Scientist	Food & Biobased Research (WFBR)	Deelnemer
Jacco	van Haveren	WUR	Programma manager	Biobased chemicals and fuels	Betrokken
Gino	van Strijdonck	Zuyd Hogeschool	Lector	Material Sciences	Deelnemer
Ton	Vries	Syncom	CEO	Pharaceutica en biotech	Betrokken

Bijlage 3

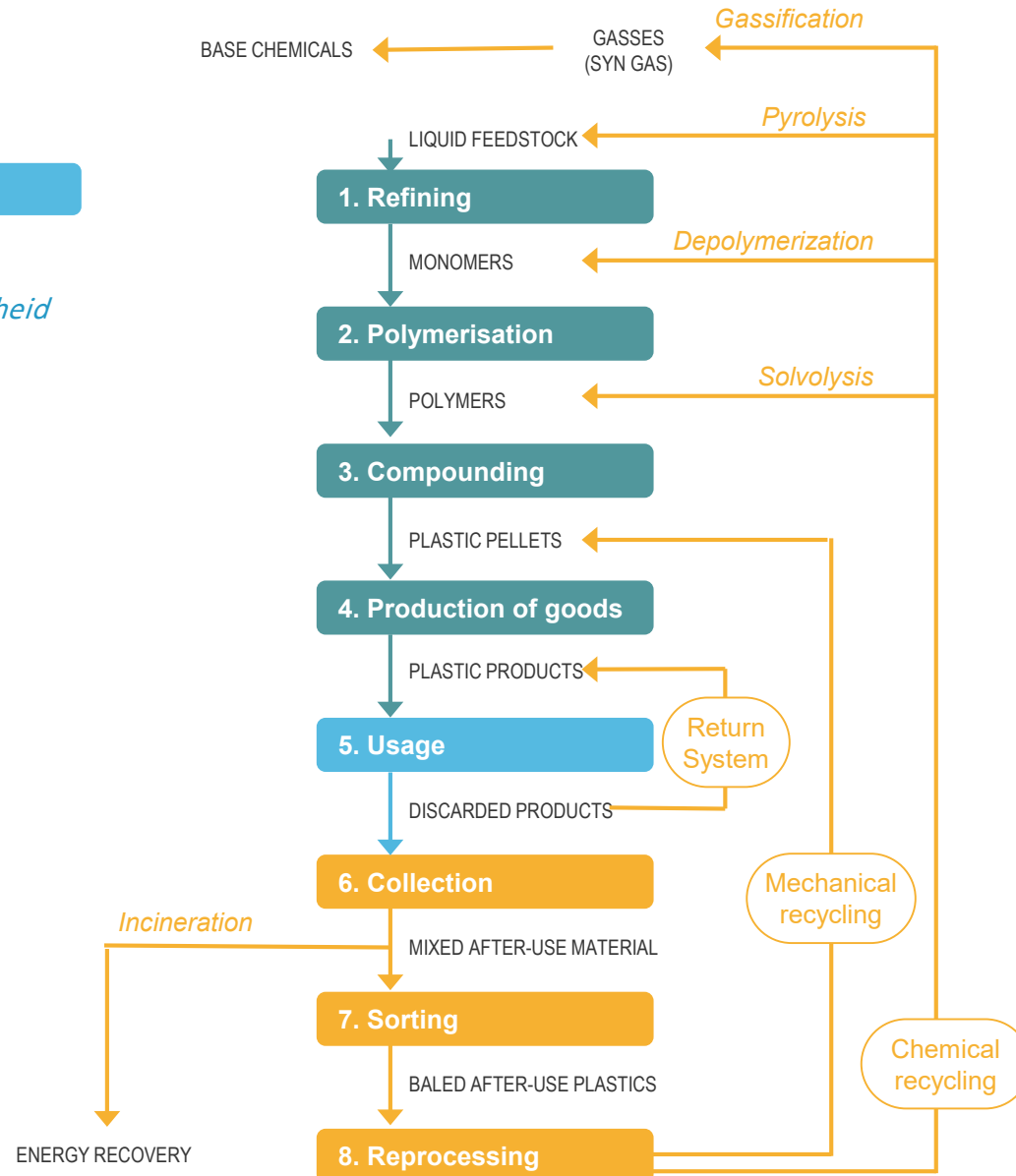
Samenhang technologieën per oplossingsrichting

Oplossingsrichting 1: Recycling

Kringloopsluiting in meer detail

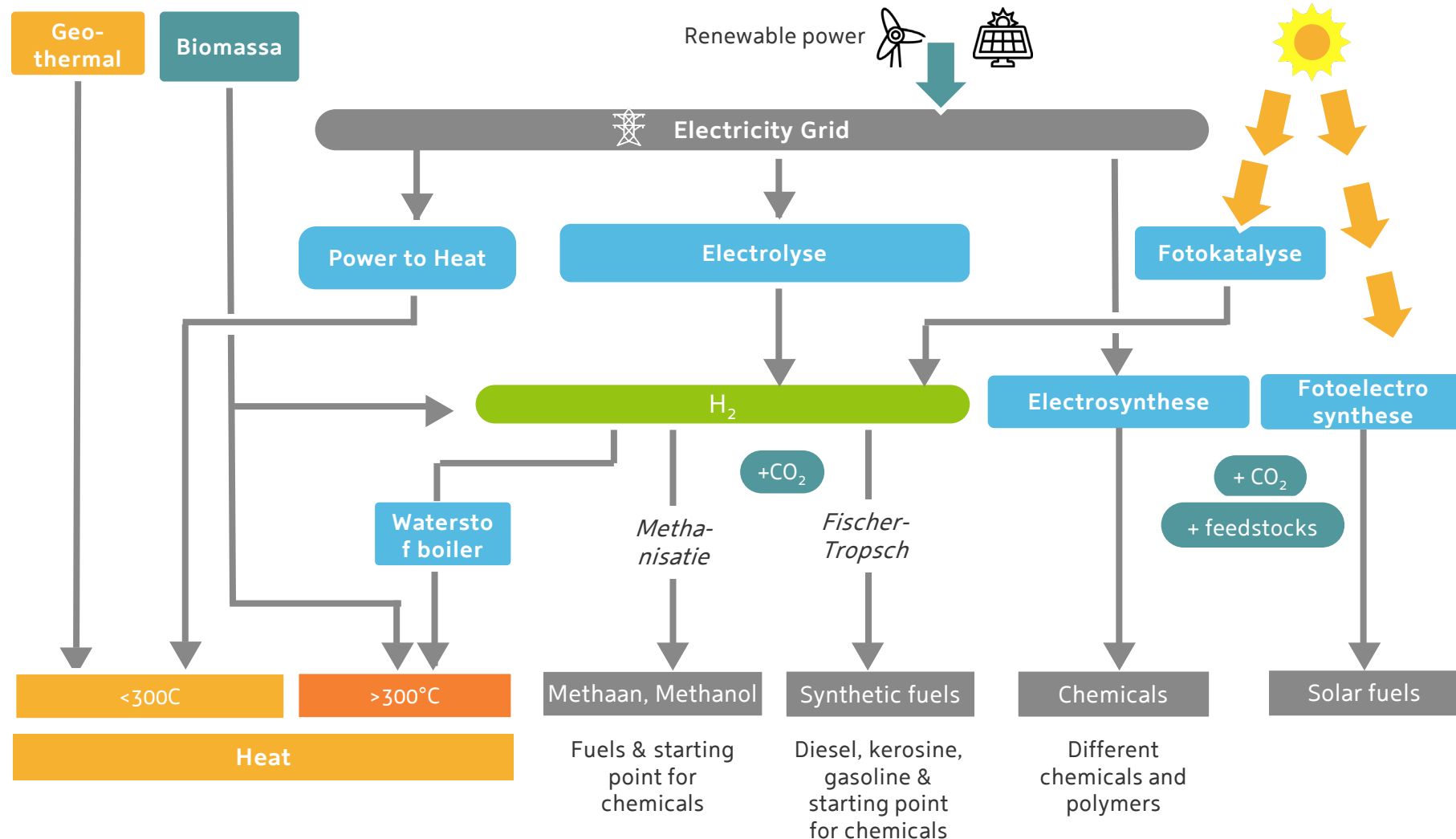
Design for recycling

- *Verlengen levensduur*
- *Verbeteren scheidbaarheid*
- *Verbeteren recycleerbaarheid*



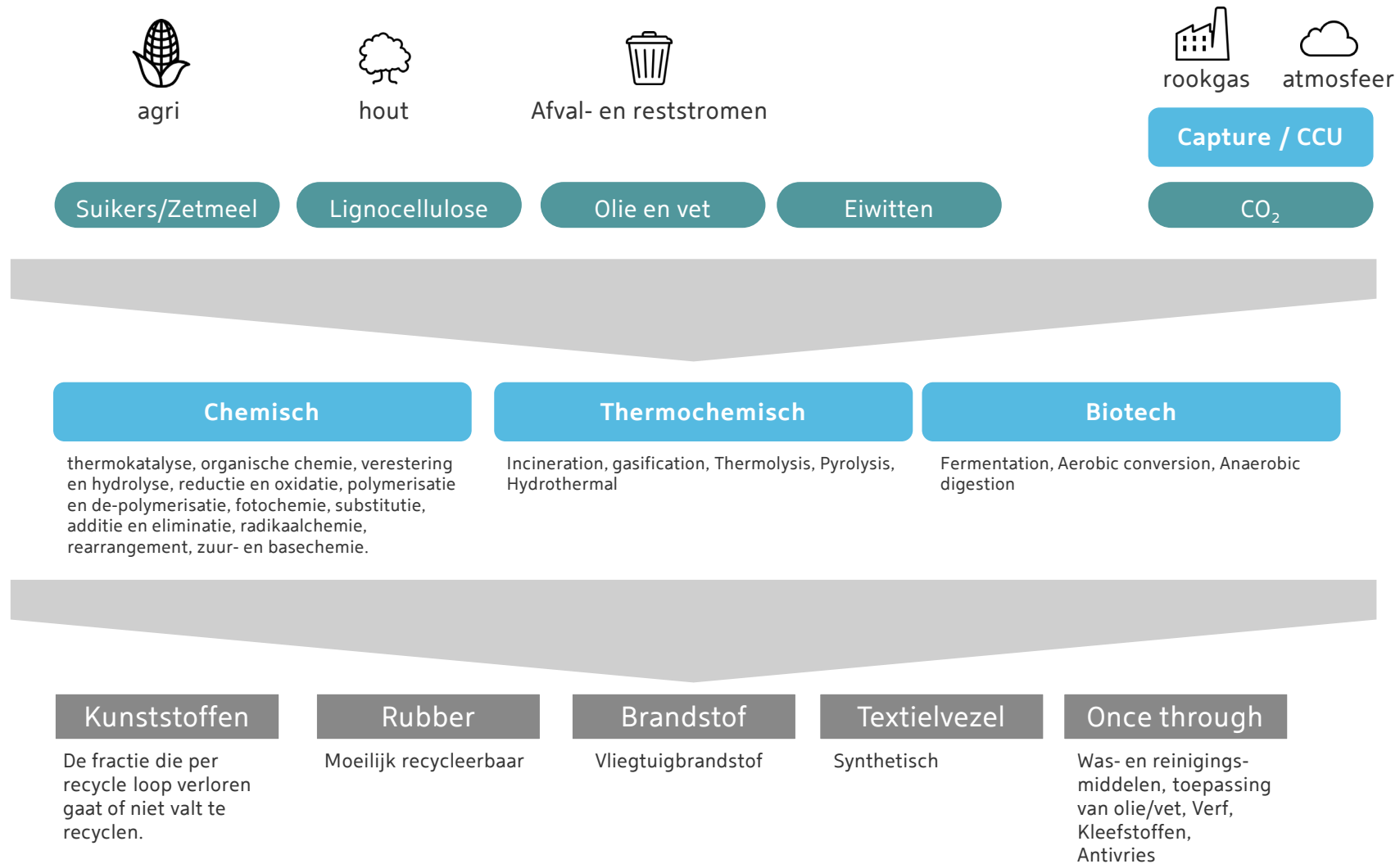
Oplossingsrichting 2: Warmte, waterstof en elektrificatie

Samenhang tussen warmteopties en productroutes op basis van hernieuwbare energie en koolstof



Oplossingsrichting 3: Biobased en CCU

Bronnen, processen en producten



agri



hout



Afval- en reststromen



rookgas



atmosfeer

Capture / CCU

Suikers/Zetmeel

Lignocellulose

Olie en vet

Eiwitten

CO₂

Chemisch

thermokatalyse, organische chemie, verestering en hydrolyse, reductie en oxidatie, polymerisatie en de-polymerisatie, fotochemie, substitutie, additie en eliminatie, radikaalchemie, rearrangement, zuur- en basechemie.

Thermochemisch

Incineration, gasification, Thermolysis, Pyrolysis, Hydrothermal

Biotech

Fermentation, Aerobic conversion, Anaerobic digestion

Kunststoffen

De fractie die per recycle loop verloren gaat of niet valt te recyclen.

Rubber

Moelijk recycleerbaar

Brandstof

Vliegtuigbrandstof

Textielvezel

Synthetisch

Once through

Was- en reinigingsmiddelen, toepassing van olie/vet, Verf, Kleefstoffen, Antivries

Meer informatie



George Wurpel | george@msgstrategies.nl