

Verduurzaming van de Zeeuwse procesindustrie

Op weg naar een circulaire industrie

Denktank TIJ

Juni 2023

Visie Zeeuwse procesindustrie - versie_1.1.docx

Inhoudsopgave

Samenvatting	1
Inleiding	2
Studie aanpak en uitgangspunten	3
Uitgangspunten voor de alternatieve plannen van TIJ	3
De vier scenario's voor verduurzaming	4
Plannen industrie voor 2030	4
Plan Tij_1: Verduurzaming Zeeland Refinery, Dow en Yara	4
Plan Tij_2: Verduurzaming van Zeeland Refinery en Dow	5
Plan Tij_3: Verduurzaming Zeeland Refinery, Dow en ArcelorMittal	7
Resultaten	8
Milieu- en klimaataspecten	8
Scope 1 CO2-emissies	9
Scope 3 CO2-emissies	10
Circulariteit	11
Economische aspecten	12
Rentabiliteit	12
Investeringen en terugverdientijden	14
Concurrentiepositie bedrijven	14
Werkgelegenheid	15
Analyses en Conclusies	16
Zeeland Refinery:	16
Dow Terneuzen:	16
Yara Sluiskil	16
ArcelorMittal	17
PyroCo	17
Gevolgen voor Zeeland / North Sea Port en Nederland	17
Gevolgen voor de energievraag voor verduurzaming industrie	18
Slotconclusies	19
Overzicht bijlagen	19
Bijlage 1: Gebruikte prijzen voor grondstoffen, producten en utiliteiten in modelering	20
Bijlage 2: Investeringen voor Plan Tij_1, Plan Tij_2 en Plan Tij_3	21
Bijlage 3: Gebruikte data voor massa- en energiebalansen	22
Bijlage 4: Gebruikte aannames operatie bedrijven	23
Bijlage 5: CO2 Emissies per bedrijf	24
Bijlage 6: Rentabiliteit van de bedrijven voor de verschillende plannen	25
Bijlage 7: Detail stroomschema's van plannen TIJ	30
Bijlage 8: Kostprijs hoofdproducten voor de 4 scenario's	33
Bijlage 9: Revisie geschiedenis van dit document	35

Samenvatting

De verduurzaming van de procesindustrie in Zeeland en in de Kanaalzone kan aanzienlijk worden versneld. Uit deze studie door Denktank Tij blijkt dat zeer forse duurzaamheids-resultaten kunnen worden behaald. Gelijktijdig kunnen de energiebehoefte, investeringslasten en exploitatiekosten worden teruggedrongen. De toekomstbestendigheid van de bedrijven kan zo voor langere termijn worden versterkt. Het implementeren van de Tij-visie maakt dat de betrokken bedrijven beter zijn toegerust voor het uitgestippelde Europese (Green Deal) en nationale beleid op het terrein van klimaat en circulaire economie.

De strategische 'sleutel' in de studie bestaat uit twee samenhangende strategielijnen.

1. Het systematisch en fundamenteel doorvoeren van circulariteit in de procesindustrie.
2. Het gelijktijdig toepassen van een industriële procesintegratie tussen de bedrijven.

Deze tweede lijn werkt als een sterke versneller en katalysator op de resultaten. Toepassing van beide strategielijnen is lokaal maatwerk en de mogelijkheden worden door specifieke kenmerken van bedrijven en industrieclusters bepaald.

De drie bedrijven die in Zeeland de grootste uitstoot van broeikasgassen veroorzaken zijn Dow Terneuzen, Yara Sluiskil en Zeeland Refinery. Deze bedrijven hebben plannen ontwikkeld om de klimaatdoelstellingen van 2030 te bereiken. Dat geldt ook voor ArcelorMittal, de staalfabriek gelegen net over de Belgisch-Nederlandse grens bij Zelzate. Gemeenschappelijk kenmerk van deze plannen is echter dat deze geen perspectief tonen naar een daadwerkelijke verduurzaming van de industrie. Zo blijven de bedrijven doorgaan met het gebruik van fossiele grondstoffen en zal, door de proces-inefficiëntie van CCS, dit fossiele verbruik zelfs nog stijgen.

In de studie zijn via modellen de belangrijkste sleutelfactoren zoals procestechiek, massastromen, energiebalans, duurzaamheid en de bedrijfseconomie doorgerekend. Hierbij heeft TIJ drie opties bekeken waarbij plasticafval en biomassa als hernieuwbare grondstof dienen voor de industrie. Door gebruik te maken van pyrolyse- en gassificatie-installaties blijkt het mogelijk om niet alleen de klimaatdoelen, maar ook de doelstellingen voor circulariteit te bereiken. Bij realisatie zullen de totale CO₂-emissiereducties een factor 3 tot 5 groter zijn dan volgens de plannen die de industrie zelf gepresenteerd heeft voor 2030. Daarnaast worden gelijktijdig het verbruik van fossiele grondstoffen en milieuemissies aanzienlijk teruggedrongen.

De drie uitgewerkte voorbeelden zijn ook economisch een stuk aantrekkelijker dan de plannen die de bedrijven tot nu toe hebben gepresenteerd. Dit wordt vooral bereikt door processtromen van tussen- en eindproducten uit te wisselen en daardoor synergiën te bewerkstelligen. Zo worden niet alleen investeringskosten gedrukt, maar worden ook de productiekosten verlaagd.

De integratie van de processtromen heeft daarnaast het voordeel dat de elektriciteitsbehoefte die nodig is voor het behalen van de circulariteits- en klimaatdoelen voor 2050 aanzienlijk lager zal zijn.

De drie plannen die in deze studie worden gepresenteerd zijn bedoeld als uitgewerkte voorbeelden van een gekozen denkrichting. Uit de voorbeelden blijkt dat er aanzienlijk betere resultaten te behalen zijn dan wat de plannen van de bedrijven tonen. Tij pleit daarom voor het op korte termijn uitvoeren van een studie waarin onderzocht wordt wat voor de Zeeuwse industriecluster en betrokken bedrijven de meest veelbelovende aanpak is om zowel de doelen voor de klimaattransitie te halen als flinke stappen te zetten naar een toekomstbestendige circulaire procesindustrie.

“Onze planetaire grenzen worden op onhoudbare wijze overschreden. De draagkracht van de aarde staat op het spel. (...) De oorzaak van deze problemen komt grotendeels voort uit onze omgang met energie, grond- en voedingsstoffen en materialen. Dit moet dus radicaal duurzamer, met behoud van brede welvaart en aandacht voor leveringszekerheid.”

SER, rapport nr 6, sept 2022

Inleiding

De Nederlandse overheid werkt momenteel met de 20 grootste industriële CO₂-uitstoters van Nederland aan 'maatwerkafspraken' als onderdeel van het Klimaatakkoord. Met de maatwerkafspraken kunnen betrokken industriële bedrijven extra stappen zetten om nieuwe duurzame technologieën vorm te geven die leiden tot minder CO₂-uitstoot. Daarmee worden bedrijven uitgedaagd zelf met hun ambitieuze plannen te komen om de CO₂-uitstoot vanuit hun eigen schoorsteen en elders in de keten te verminderen, en hun impact op de omgeving te verbeteren.

Maatwerkbedrijven		
1. Tata Steel - IJmuiden	8. Yara - Sluiskil	15. AVR – Rozenburg / Duiven
2. Shell – Hoogvliet / Moerdijk	9. ExxonMobil - Rotterdam	16. AEB - Amsterdam
3. Sabic - Geleen	10. BP Raffinaderij - Rotterdam	17. Nobian – Hengelo / Rotterdam
4. OCI - Geleen	11. Air Liquide – Rozenburg / Bergen op Zoom	18. NAM – Assen / Schoonebeek
5. AnQore - Geleen	12. Zeeland Refinery - Nieuwdorp	19. Attero – Moerdijk / Wijster
6. Fibrant - Geleen	13. Air Products - Rotterdam	20. HVC – Alkmaar / Dordrecht
7. Dow Benelux - Terneuzen	14. Lyondell – Botlek Rotterdam	

Tabel 1: Top 20 grootste industriële uitstoters, gebaseerd op de cijfers van de Nederlandse Emissieautoriteit 2021.

In Zeeland gaat het om drie bedrijven; Dow Benelux NV in Terneuzen, Yara Sluiskil BV en Zeeland Refinery NV. De drie bedrijven (hierna wel aangeduid met 'de grote drie') samen zijn verantwoordelijk voor ca. 80% van de uitstoot van klimaatgassen door ETS bedrijven in Zeeland en meer dan 11,5% van de Nederlandse uitstoot van CO₂ door ETS bedrijven. Deze drie bedrijven hebben in de afgelopen twee jaar hun CO₂-reductieplannen voor 2030 gepubliceerd. Die plannen vormen voor deze bedrijven het uitgangspunt voor de maatwerkafspraken die nu stapsgewijs vorm krijgen.

Ook de Vlaamse overheid zet zich in om de Europese klimaatdoelstellingen voor de industrie te realiseren. Recent heeft zij daarom een overeenkomst gesloten met ArcelorMittal in Gent om door middel van een aantal projecten ook dit bedrijf, de op twee na grootste CO₂-producent van België, te verduurzamen. Gezien de geografische nabijheid van ArcelorMittal tot de Zeeuwse bedrijven is het voor de hand liggend om in de studie ook ArcelorMittal mee te nemen als een mogelijke speler. De mogelijke juridische complicaties van procesintegratie over de grens moeten oplosbaar zijn als dit leidt tot significante synergiën voor zowel de bedrijven als het milieu. Klimateffecten kennen geen landsgrenzen.

Denktank TIJ heeft de gepubliceerde klimaatplannen van de vier bedrijven bestudeerd en komt daarbij tot de volgende observaties:

- De gepresenteerde plannen adresseren uitsluitend de scope 1 emissies van de bedrijven (de 'schoorsteenemissies') en komen er in grote lijnen op neer dat de productie van CO₂ niet significant afneemt, maar dat een gedeelte van de geproduceerde CO₂ wordt afgevangen, verscheept en opgeslagen zal worden in ondergrondse opslag op de Noordzee (CCS). Dat geldt overigens niet voor de plannen van ArcelorMittal.
- De scope 3 emissies van de drie Zeeuwse bedrijven (emissies die verder in de keten vrijkomen) zijn veel groter dan de scope 1 emissies. Bij een overschakeling van fossiele op circulaire grondstoffen kunnen de scope 3 emissies van de bedrijven aanzienlijk gereduceerd en gemitigeerd worden. Die overschakeling op circulaire grondstoffen ontbreekt goeddeels in de huidige plannen.
- De vier bedrijven zijn geen concurrenten van elkaar op het punt van grondstoffen en producten. Door uitwisseling van productstromen tussen de bedrijven kunnen synergiën worden bereikt die niet alleen economisch erg gunstig zijn, maar ook op milieugebied significant betere resultaten opleveren. Deze 'industriële symbiose' kan daarmee sterk bijdragen aan de toekomstbestendigheid van de procesindustrie in de Kanaalzone.
- Procesintegratie leidt tot een energievraag die, afhankelijk van de gekozen optie, 15 tot 50% lager is dan wanneer de bedrijven zelfstandig de doelstellingen voor 2050 zouden moeten bereiken.

Bovenstaande observaties leiden tot de conclusie dat de huidige plannen van de bedrijven weliswaar resulteren in een gewenste reductie van de CO₂-uitstoot naar de atmosfeer, maar dat de gekozen oplossingen suboptimaal en niet toekomstgericht zijn. De huidige plannen spelen niet of onvoldoende in op de doelstellingen die de EU, Vlaanderen en Nederland hebben geformuleerd voor de reductie van het gebruik van abiotische grondstoffen in

2030 en een circulaire economie in 2050.

Met elkaar bieden de plannen van de bedrijven geen uitzicht op de noodzakelijke transitie van de procesindustrie en is het twijfelachtig of de bedrijven op de middellange termijn economisch rendabel blijven.

Vanuit de overtuiging dat het beter kan en moet heeft denktank TIJ voor de Zeeuwse procesindustrie een toekomstgericht transitie pad uitgewerkt in de vorm van drie concrete plannen. Deze plannen, Tij_1, Tij_2 en Tij_3, worden in dit werkdocument beschreven. De economische- en milieu-uitkomsten van de modellering van deze twee alternatieve ontwikkelingspaden worden eveneens gepresenteerd.

Studie aanpak en uitgangspunten

Uitgangspunten voor de alternatieve plannen van TIJ

TIJ heeft voor uitwerking van deze plannen drie transitieplannen voor de bedrijven ontworpen en gemodelleerd die allen uitgaan van hergebruik van afvalstoffen, met name plastic afval en biomassa (GFT, agrarisch afval, reststoffen voedselindustrie).

In de plannen is gebruik gemaakt van bestaande en bewezen technologie die reeds commercieel wordt ingezet. De technologieën die worden gesimuleerd zijn respectievelijk lage temperatuur pyrolyse (maximaal 450 gr. C voor plastic afval), hoge temperatuur pyrolyse (maximaal 950 gr. C voor biomassa) en gassificatie van biomassa eveneens op temperaturen tot ca. 950 gr. C.

Ook is in plannen Tij_2 en Tij_3 een methanolfabriek en een Methanol-to-Olefins fabriek (MTO) opgenomen. Voor Plan Tij_3 wordt ArcelorMittal verduurzaamd door de introductie van het Direct Reduction Iron (DRI) proces ter vervanging van de bestaande Blast Furnace fornuizen voor de staalproductie. ArcelorMittal is dit overigens ook al van plan voor een deel van haar staalproductie in Gent.

Alle technologieën die in de plannen zijn benut zijn reeds vele jaren commercieel operationeel.

Voor de pyrolyse is een 'rotating cone reactor' technologie beschouwd. Vanwege de kwetsbaarheid voor vervuiling en mechanische gebruik is gekozen voor modulaire reactoren van betrekkelijk kleine schaal zodat bij storing gemakkelijk een reactor uit bedrijf genomen kan worden. Plastic afval mag gemengd zijn, maar PVC en PET afval kan niet verwerkt worden in dit proces en moeten in de voorbereiding zo goed mogelijk uit gesorteerd worden. Organisch afval (biomassa) kan in principe met hoge vochtigheidsgraad aangevoerd worden, maar zal in de voorbereiding met restwarmte gedroogd worden. Een zekere conversie van vocht in de grondstoffen is bij de gebruikte temperatuur te verwachten en is dan ook meegenomen in de berekeningen.

Voor gasificatie is een fluidized bed technologie beschouwd met gebruik van zuivere zuurstof. Deze technologie kan op grote schaal worden toegepast en is weinig vatbaar voor vervuiling. Desondanks is ervoor gekozen om de modules niet groter te maken dan 400.000 ton/jaar, zodat bij gepland of ongepland onderhoud van een module er nog voldoende productie is voor een continue bedrijfsvoering van de 'downstream' fabrieken.

Voor bepaling van de opbrengstrendementen en energieverbruik van de pyrolyse en gassificatie processen is gebruikt gemaakt van openbare literatuurgegevens. Ook voor berekening van de opbrengstrendementen en energieverbruik van de raffinage units, de stoomkrakers en het DRI-proces is gebruik gemaakt van 'typical values' uit de literatuur, aangezien de exacte waarden van de drie bedrijven om commerciële redenen niet publiekelijk beschikbaar zijn. In bijlage 3 is vermeld welke productierendementen voor de modeleringsberekeningen zijn gebruikt.

Een belangrijk uitgangspunt is verder dat de huidige configuratie van de Zeeuwse bedrijven en de gepresenteerde plannen voor verduurzaming niet wezenlijk aangetast worden. Dit is enerzijds nodig voor het bereiken van de klimaatdoelstellingen voor 2030. Anderzijds blijkt ook dat de bestaande plannen voor 2030 goed geïntegreerd kunnen worden in de door TIJ uitgewerkte alternatieven.

Voor de berekening van de economische resultaten zijn marktprijzen gebruikt van maart 2023. Voor zg. inter-company-producttransfers zijn prijsformules aangenomen die gedocumenteerd zijn in de bijlage 1. Uitgegaan is van

realistische prijsstelling. Uiteraard kunnen prijzen op dag basis fluctueren, maar er zijn geen indicaties dat bepaalde product- of grondstofprijzen structureel sterk zullen veranderen in de komende jaren.

De vier scenario's voor verduurzaming

Plannen industrie voor 2030

De drie bedrijven hebben in 2021 plannen gepubliceerd voor het bereiken van de klimaatdoelen voor 2030.

Hieronder kort samengevat per bedrijf wat deze plannen inhouden:

Zeeland Refinery heeft aangekondigd enkele procesverbeteringen door te voeren waardoor de scope 1 CO₂-emissie gereduceerd wordt. De grootste emissiereductie wordt bereikt door het bouwen van een CO₂-afvanginstallatie voor de twee bestaande waterstoffabrieken en het verschepen van de afgevangen CO₂ naar externe opslag (CCS). Deze plannen reduceren de uitstoot van CO₂ door Zeeland Refinery met ca. 700 kTon/jaar.

Dow Terneuzen heeft aangekondigd een waterstoffabriek te bouwen (POx-technologie) die het geproduceerde fuelgas van de drie stoomkrakers omzet in waterstof en CO₂. De geproduceerde CO₂ wordt gecondenseerd en vervolgens verscheept naar externe ondergrondse opslag (CCS). De waterstof zal worden gebruikt in plaats van fuelgas als brandstof voor de stookinstallaties van de krakers die daardoor geen CO₂ meer uitstoten. Verder heeft Dow plannen om enkele procesverbeteringen door te voeren, zoals vervanging van de gasturbines door elektrische compressoren en ook heeft men het plan om CO₂ die momenteel bij de Ethyleenoxide fabriek wordt uitgestoten af te vangen. De totale netto uitstoot reductie van CO₂ wordt daarmee ongeveer 1,700 kTon/jaar.

Yara Sluiskil is eveneens van plan de geproduceerde CO₂ van haar waterstoffabrieken af te vangen en per schip te vervoeren naar ondergrondse opslag voor de kust van Noorwegen. Tevens is Yara voornemens enkele procesverbeteringsprojecten uit te voeren. De voorziene reductie in CO₂-uitstoot door Yara is daarmee ongeveer 840 kTon/jaar in 2030.

ArcelorMittal gaat voor 2030 de oudste Blast Furnace productielijn vervangen door een DRI productie oven en twee elektrische ovens om staal te maken. Hiermee wordt de helft van de staalproductie verduurzaamd en het verbruik van kolen en cokes gehalveerd. Verder streeft het bedrijf ernaar om de komende jaren een gedeelte van het kolenverbruik te vervangen door biomassa waardoor gedeeltelijk overgeschakeld wordt op hernieuwbare grondstoffen.

Samengevat komen de plannen voor 2030 dus vooral neer op reductie van CO₂-uitstoot door CCS. De bedrijven en zeker ook ArcelorMittal nemen daarnaast een aantal structurele maatregelen om CO₂ productie te verminderen, maar die zijn alleen voor de scope 1 emissies en niet groter dan gezamenlijk ongeveer 2.700.000 Ton/jaar CO₂-eq. Er zijn geen concrete projectplannen gepubliceerd voor vermindering van de scope 2 of scope 3 emissies.

Plan Tij 1: Verduurzaming Zeeland Refinery, Dow en Yara

Het eerste alternatief dat TIJ heeft beschouwd om de Zeeuwse industrie te verduurzamen is een geïntegreerd model waarin zowel Zeeland Refinery, Dow Terneuzen en Yara Sluiskil een rol spelen. Tevens is een nieuw te ontwikkelen fictief bedrijf opgenomen, PyroCo genoemd, waar plastic afval en biomassa omgezet worden naar grondstoffen voor de bestaande industrie.

Technische beschrijving:

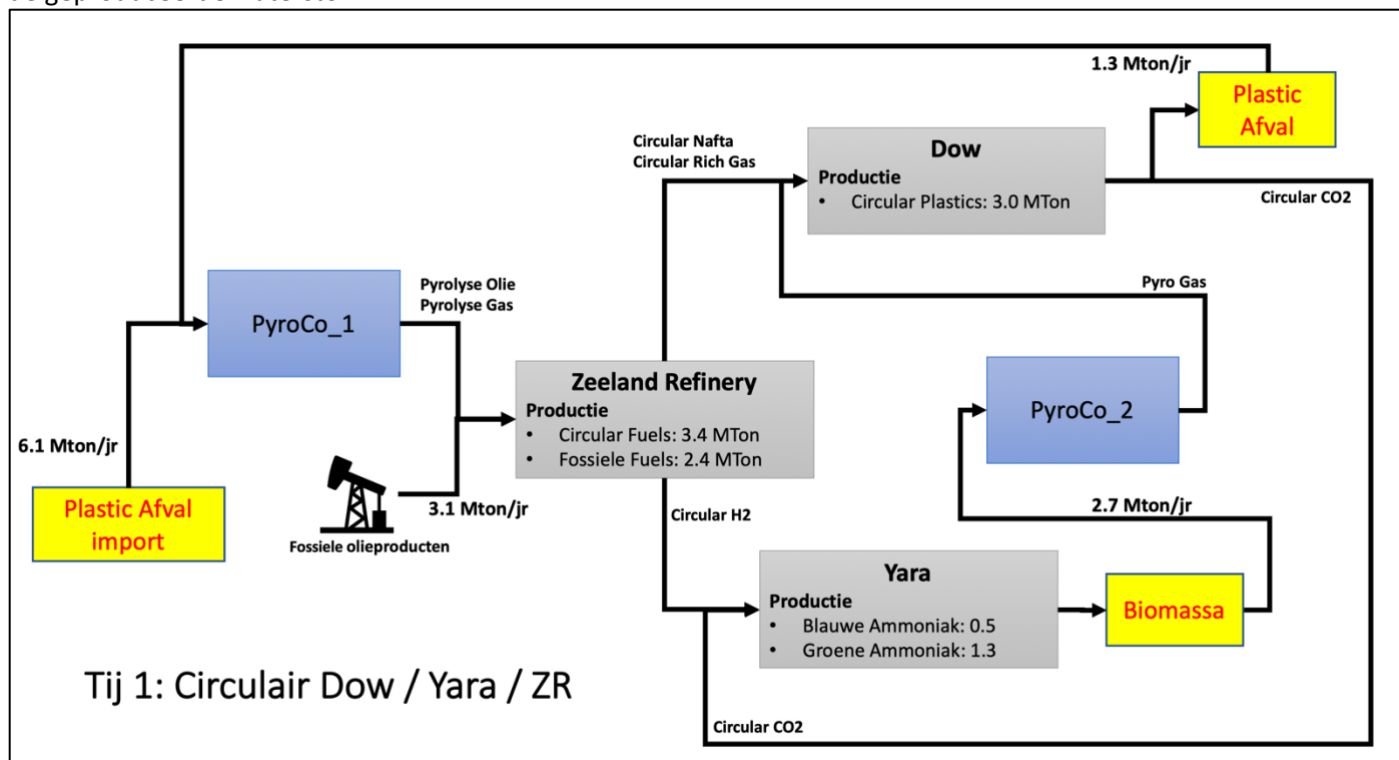
Plastic afval wordt na pyrolyse op lage temperatuur (ca. 350 - 450 C) gesplitst in een gasstroom en een pyrolyse oliestroom. De pyrolyse gasstroom wordt gevoed aan de gasplant van Zeeland Refinery (ZR) en de pyrolyse oliestroom voedt als vervanger van 'ruwe olie' aan de 'Crude Distillation Unit' (CDU) van ZR.

De waterstof en methaan uit de pyrolyse gasstroom worden na scheiding in de gasplant gebruikt als grondstof voor de bestaande en een nieuwe waterstoffabrieken van ZR waar ze worden omgezet in 'blauwe' waterstof en CO₂ wat naar CCS opslag wordt afgevoerd. Circa 20% van de zo geproduceerde waterstof wordt afgenomen door PyroCo om de pyrolyse reactoren te verhitten, een tweede deel gaat naar Dow. Wat overblijft wordt naar Yara doorgeleid als voeding voor de ammoniakfabrieken. De ammoniakfabrieken van Yara kunnen dan volledig draaien op deze waterstof en er hoeft door Yara geen aardgas meer gebruikt te worden voor de productie van waterstof.

Ten Zuiden van de Westerschelde wordt in dit plan biomassa (agro-afval) gepyrolyseerd op hoge temperatuur (850 graden C), waarna het geproduceerde pyrolyse gas wordt gereinigd van stikstof-, zwavel-, chlorides en andere

verontreinigingen. Vervolgens wordt CO₂ uit de gasstroom afgevangen en gecondenseerd voor verschepping naar externe opslag (CCS). Het resterende 'Pyrogas' bevat enige olefinen en veel waterstof en methaan en wordt via de 'Cold Box' van de krakers verder verwerkt tot olefinen en waterstof bij Dow. Nafta' en 'circular LPG', worden naar Dow Terneuzen verpompt als grondstof voor de Dow

Bij de volumes zoals in het doorgerekende model hoeft Dow geen fossiele olieproducten te importeren om de huidige productie van ethyleen te evenaren. ZR heeft, indien gewenst en noodzakelijk, nog ruimte om ca. 3,5 Mton/jaar fossiel aardolie(producten) te verwerken als tweede grondstofbron. In dit rekenvoorbeeld is ervoor gekozen om Yara volledig aardgas-vrij te maken door de geproduceerde waterstof naar Yara te pompen. Dit kan alleen als de pyrolysefabrieken nagenoeg volledig elektrisch worden voorverhit en daarbij geen gebruik maken van de geproduceerde waterstof.



Figuur 1: Plan Tij_1, verduurzaming van Dow, Yara en Zeeland Refinery. Zie bijlage 7 voor afbeelding met meer details.

Door deze keuze wordt niet alleen bij Yara de productie van CO₂ uit aardgas als grondstof vermeden, maar wordt ook de productie en uitstoot van CO₂ van de stookinstallaties van de waterstoffabrieken van Yara geëlimineerd. Tevens opent dit de mogelijkheid om vanuit Dow (of elders) geproduceerde CO₂ te verpompen naar Yara waar het gebruikt wordt voor de productie van Ureum en dergelijke. CCS wordt hierdoor vermeden.

De kraakfornuizen van Dow worden in dit model gestookt op waterstof, dat deels ook wordt ingezet voor de verhitting van de pyrolyse-installaties voor biomassa. Het elektriciteitsverbruik van de pyrolyse-installaties voor plasticafval vraagt ongeveer 10.7 GWh per jaar. Dit komt overeen met een windpark op zee van ca. 150 windturbines van 20 MW elk. In dit schema is er een klein overschot aan waterstof bij ZR, wat voor de raffinaderij zelf gebruikt kan worden of om een klein gedeelte van de stookinstallaties voor plastic-waste-pyrolyse te verhitten. Figuur 1 toont het stroomschema van Plan Tij_1 waarbij Yara volledig op circulaire waterstof ammoniak produceert. Een gedetailleerd stroomschema van dit alternatief is toegevoegd in Bijlage 7. De benodigde investeringen voor plan Tij_1 zijn samengevat in Bijlage 2.

Plan Tij_2: Verduurzaming van Zeeland Refinery en Dow

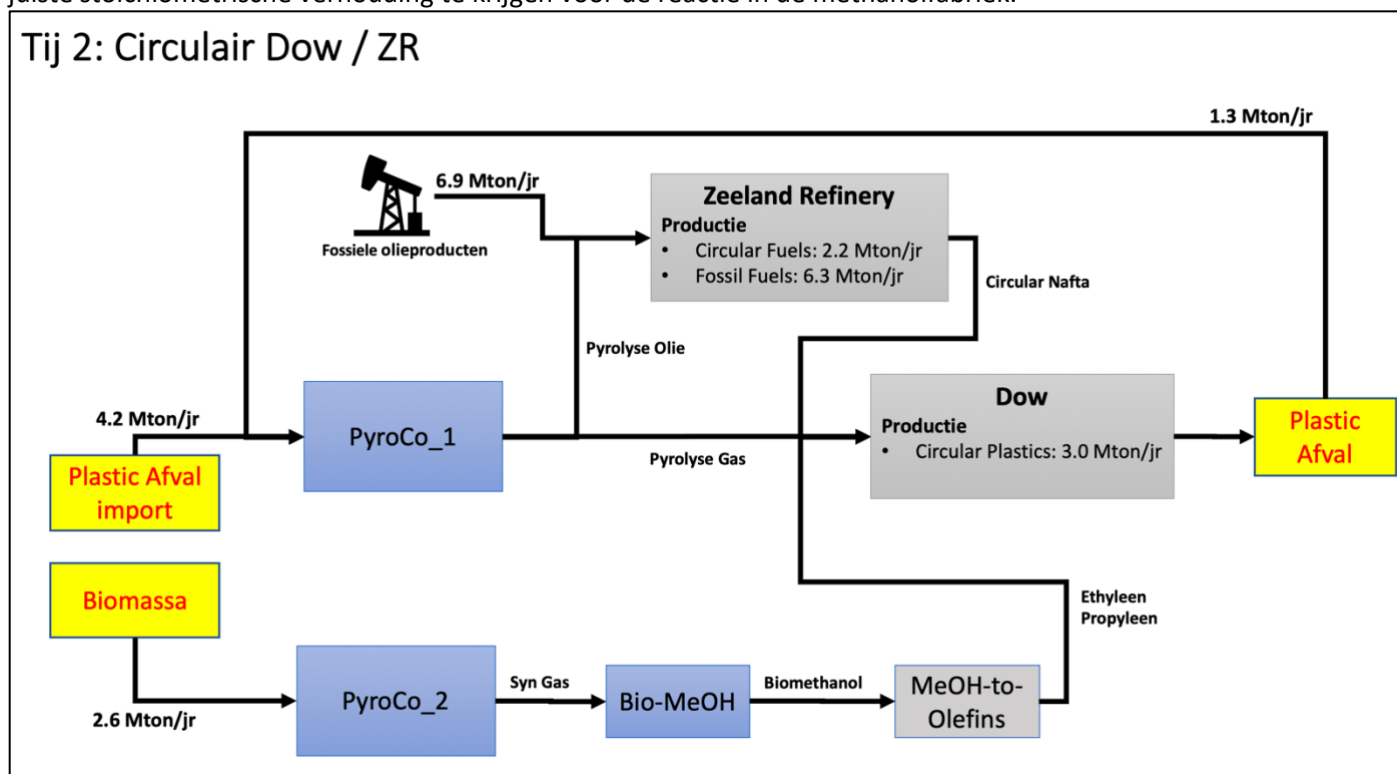
Een tweede plan dat door TIJ is uitgewerkt heeft uitsluitend betrekking op de combinatie Dow en Zeeland Refinery. De reden om dit plan uit te werken is tweeledig. In de eerste plaats heeft Yara zelf aan TIJ (en de twee andere bedrijven) aangegeven dat zij minder geïnteresseerd zijn in een vergaande samenwerking tussen de bedrijven in de omgeving op het gebied van verduurzaming. Yara richt zich in haar plannen voornamelijk op de productie van blauwe waterstof en hoopt dat op de langere termijn voldoende groene waterstof ter beschikking komt door productie in

Nederland of door import van elders. Het moederbedrijf van Yara richt haar verduurzaming vooral op verduurzaming van de fosfaat- en stikstofcyclus en investeert daarnaast in de productie van groene ammoniak buiten Europa. De andere reden voor TIJ om Plan Tij-2 te ontwikkelen is dat twee van de drie stoomkrakers van Dow inmiddels 55 jaar oud zijn en technologisch en economisch aan het eind van hun levensduur zijn. Met name deze twee krakers presteren daardoor aanzienlijk slechter dan de ETS benchmark voor ethyleenproductie waardoor ze op termijn wellicht gestopt zouden moeten worden of een hele grote upgrade noodzakelijk is. Een mogelijk alternatief voor een stoomkraker is dan een 'Methanol-to-Olefins' fabriek (MTO), die gevoed wordt met biomethanol. Productie van olefinen als ethyleen en propyleen uit methanol heeft als voordeel dat het een exotherm proces is en dus in tegenstelling tot stoomkraken geen additionele energie vraagt. In plan Tij-2 is daarom de gassificatie van biomassa naar syngas opgenomen. Uit syngas kan namelijk redelijk eenvoudig biomethanol gemaakt worden.

Technische Beschrijving:

Zoals beschreven voor Plan Tij_1 wordt ook in Plan Tij_2 plasticafval door middel van pyrolyse op lage temperatuur (350 - 450 C) omgezet in een pyrolyse gasstroom en een pyrolyse oliestroom. In deze optie kunnen de installaties hiervoor het beste geplaatst worden in de buurt van de Dow fabrieken aangezien de pyrolyse gasstroom wordt gevoed aan de 'Cold Boxes' van twee van de stoomkrakers van Dow. In optie Tij_2 wordt de oudste stoomkraker uit bedrijf genomen en gesloopt. De pyrolyse gasstroom bevat naast waterstof en methaan ook producten als ethyleen, ethaan, propyleen en propaan welke als lichte voeding kunnen dienen voor de twee stoomkrakers. De pyrolyse oliestroom wordt verpompt naar Zeeland Refinery en aldaar net als in Plan Tij_1 verwerkt als een lichte ruwe aardoliestroom in de 'Crude / Vacuüm Distillation Unit' (CDU / VDU). De geproduceerde circulaire nafta wordt dan weer terug verpompt naar Dow als tweede grondstof voor de twee stoomkrakers.

Een tweede PyroCo fabriek zet door middel van gassificatie biomassa (agro-afval) op hoge temperatuur (950 C) om naar syngas. Het syngas wordt gereinigd van stikstof-, zwavel-, chlorides en andere verontreinigingen en vervolgens omgezet in een methanolfabriek naar biomethanol. Hiervoor dient extra waterstof toegevoegd te worden om de juiste stoichiometrische verhouding te krijgen voor de reactie in de methanolfabriek.



Figuur 2: Plan Tij_2, verduurzaming van Dow en Zeeland Refinery. Zie bijlage 7 voor afbeelding met meer details

De geproduceerde methanol wordt verpompt naar Dow en daar omgezet in een nieuw te bouwen MTO-fabriek naar ethyleen en propyleen die in de 'koude trein' van de uitbedrijf genomen stoomkraker van Dow, LHC-1, gezuiverd wordt naar de eindproducten. Dow produceert in deze optie in totaal evenveel ethyleen als nu. Omdat in dit plan extra waterstof nodig is voor de productie van methanol is het ook hier noodzakelijk om de plastic afval pyrolysefabrieken te verwarmen met duurzame elektriciteit. De benodigde elektrische energie, 10.3 GWh,

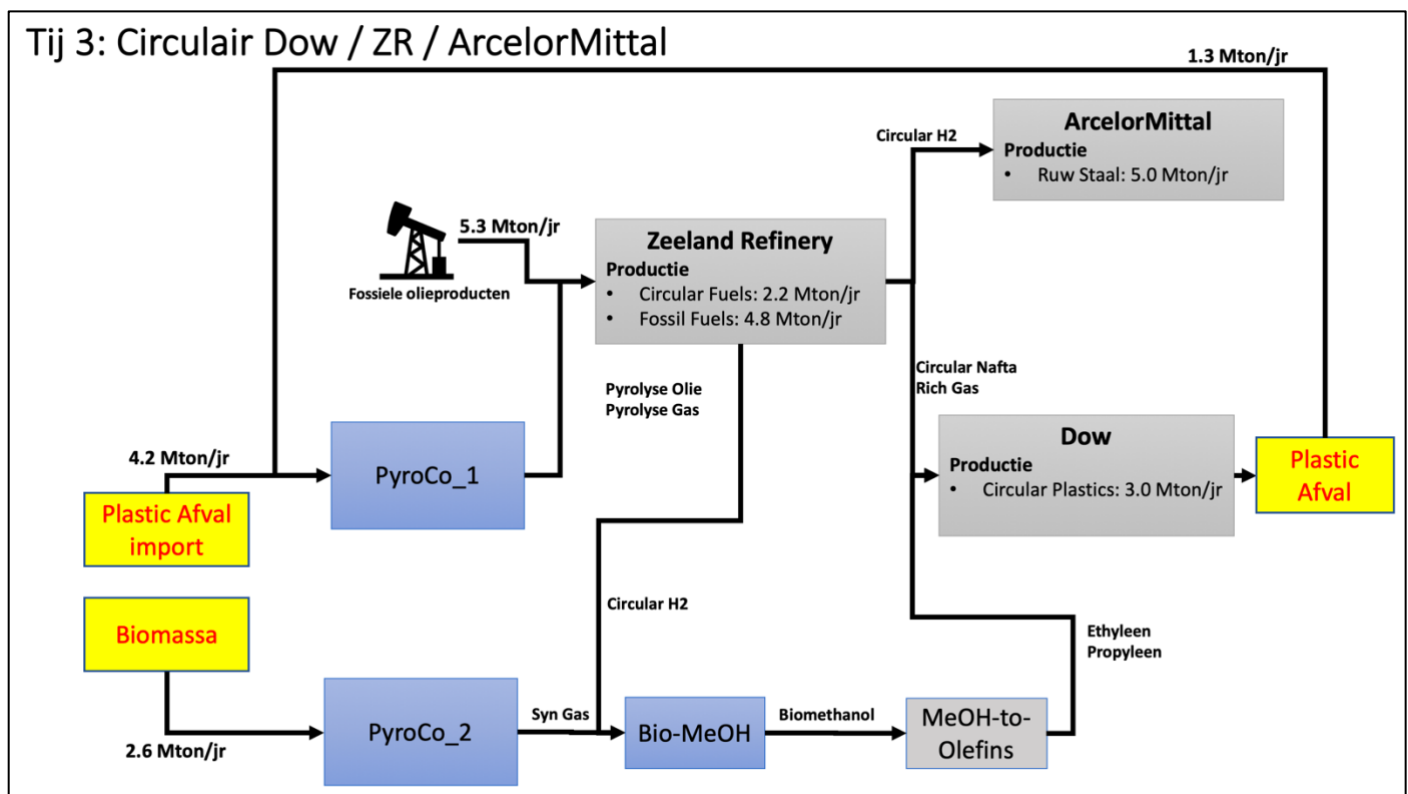
hiervoor is iets minder dan in Plan Tij_1 en komt overeen met een offshore windpark van ruim 140 windturbines van 20 MW.

Overigens heeft in dit plan Tij_2, indien nodig en gewenst Zeeland Refinery nog ruimte over om additioneel aan de pyrolyseolie ook nog eens 6,4 Mton ruwe olie te verwerken tot fossiele brandstoffen. De benodigde investeringen voor plan Tij_2 zijn samengevat in Bijlage 2.

Plan Tij_3: Verduurzaming Zeeland Refinery, Dow en ArcelorMittal

Het derde plan dat door TIJ is uitgewerkt gaat uit van een samenwerking over de Belgisch/Nederlandse grens en realiseert een samenwerking tussen Dow, ArcelorMittal en Zeeland Refinery. De overweging hierbij is dat naast Yara ook ArcelorMittal in de toekomst een grote behoefte aan 'duurzame' waterstof heeft wanneer het bedrijf (gedeeltelijk) overgaat op het DRI-proces voor staalproductie. In het DRI-proces wordt immers het ijzererts omgezet naar ruw ijzer door reactie met waterstof in plaats van met cokes. Waterstof geproduceerd bij Dow en Zeeland Refinery zou zeer geschikt zijn voor ArcelorMittal en door de samenwerking wordt voorkomen dat ArcelorMittal in de toekomst waterstof moet laten produceren met elektrolyzers op basis van windenergie. Vanwege de lage efficiëntie van elektrolyzers voor de productie van waterstof zou dit moeten worden vermeden.

In deze optie is er net als in Plan Tij_2 voor gekozen om de oudste stoomkraker van Dow te vervangen door een MTO-fabriek, die gevoed wordt met biomethanol. Plan Tij_3 bevat daarom ook installaties voor de gassificatie van biomassa naar syngas, waardoor het mogelijk wordt om lokaal de benodigde biomethanol te produceren.



Figuur 3: Plan Tij_3, verduurzaming van Dow, Zeeland Refinery en ArcelorMittal. Zie bijlage 7 voor afbeelding met meer details

Technische Beschrijving:

Zoals beschreven voor de vorige plannen wordt ook in Plan Tij_3 plastic afval door middel van pyrolyse op lage temperatuur (350 - 450 C) omgezet in een pyrolyse gasstroom en een pyrolyse oliestroom. In dit plan lijkt het voor de hand liggend om deze pyrolyse installaties te plaatsen in de buurt van de Zeeland Refinery, net als in optie Tij_1. De geproduceerde pyrolyse gasstroom wordt verwerkt door Zeeland Refinery tot enerzijds een productstroom, 'Rich Gas', met vooral ethyleen, ethaan, propaan en propyleen en een gasstroom met vooral methaan en waterstof. Zeeland Refinery dient hiervoor een nieuwe 'gasplant' en een nieuwe, grote waterstoffabriek te bouwen om het geproduceerde methaan van de pyrolyse fabriek om te zetten naar waterstof.

Het geproduceerde 'Rich gas' wordt gebruikt door Dow als voeding voor twee van de stoomkrakers. De waterstof gaat voornamelijk naar ArcelorMittal met een nieuw aan te leggen pijpleiding.

De pyrolyse oliestroom van PyroCo wordt eveneens verpompt naar Zeeland Refinery en daar net als in Tij_1 en Tij_2 verwerkt als een lichte ruwe aardoliestroom in de CDU/VDU. De geproduceerde circulaire nafta wordt dan weer terug verpompt naar Dow waar het gebruikt wordt als 'nafta' grondstof voor de stoomkrakers.

Een tweede PyroCo fabriek zet door middel van gassificatie biomassa (agro-afval) op hoge temperatuur (950 C) om naar syngas. Het syngas wordt gereinigd van stikstof-, zwavel-, chlorides en andere verontreinigingen en vervolgens omgezet in methanol. Hiervoor dient wel extra waterstof toegevoegd te worden om de juiste stoichiometrische verhouding te krijgen voor de reactie in de methanolfabriek. De geproduceerde biomethanol wordt verpompt naar Dow en aldaar gebruikt als grondstof voor een nieuw te bouwen Methanol-to-Olefins fabriek (MTO). De oudste stoomkraker van Dow, LHC-1, kan dan uitbedrijf genomen worden. Het bio-methaan van de PyroCo gassificatie wordt per pijpleiding naar ArcelorMittal gestuurd waar het gebruikt kan worden als brandstof in de hulpinstallaties van de fabrieken (ijzererts pelletizer, elektrisch ovens, wals-installaties etc.).

Bij ArcelorMittal tenslotte worden beide Blast Furnace productielijnen voor ruw ijzer vervangen door twee Direct Reduction Iron (DRI) installaties en vier elektrische ovens. Een volledige verduurzaming van de ijzer productie-installaties, waar de huidige plannen van ArcelorMittal slechts uitgaan van verduurzaming van de helft van de fabrieken. Waterstof voor de DRI-installaties wordt aangeleverd door Dow en Zeeland Refinery en bio-methaan, benodigd voor verhitting van de overige installaties van ArcelorMittal, wordt per pijpleiding geleverd door PyroCo en voor een klein gedeelte door Sustainable Fuel Plant BV, een bio-vergister uit het nabijgelegen Westdorpe. Na deze veranderingen kan de staalfabrikant de cokesfabrieken stoppen en produceert ArcelorMittal nog nauwelijks CO₂. De recent opgestarte Steelanol fabriek, waar uit CO₂ en waterstof ethanol wordt geproduceerd, kan in de toekomst ook gevoed worden met CO₂ van Yara of Dow. We hebben deze procesintegratie echter nog niet meegenomen in de modellering van Plan Tij_3.

Resultaten

De drie boven beschreven opties zijn doorgerekend met massa- en energiebalansen en de uitkomsten van deze berekeningen zijn vergeleken met de gepubliceerde plannen van de bedrijven voor 2030. Er is hierbij waar mogelijk gebruik gemaakt van publiek beschikbare data, maar in sommige gevallen was het noodzakelijk om aannames te doen. De aannames betreffende productieopbrengsten en samenstelling van productstromen zijn gedocumenteerd in Bijlage 3. In bijlage 4 zijn een aantal specifieke aannames weergegeven die nodig zijn om de massa- en energiebalansen te kunnen berekenen voor de bedrijven. De resultaten van de berekeningen zijn hieronder samengevat.

Milieu- en klimaataspecten

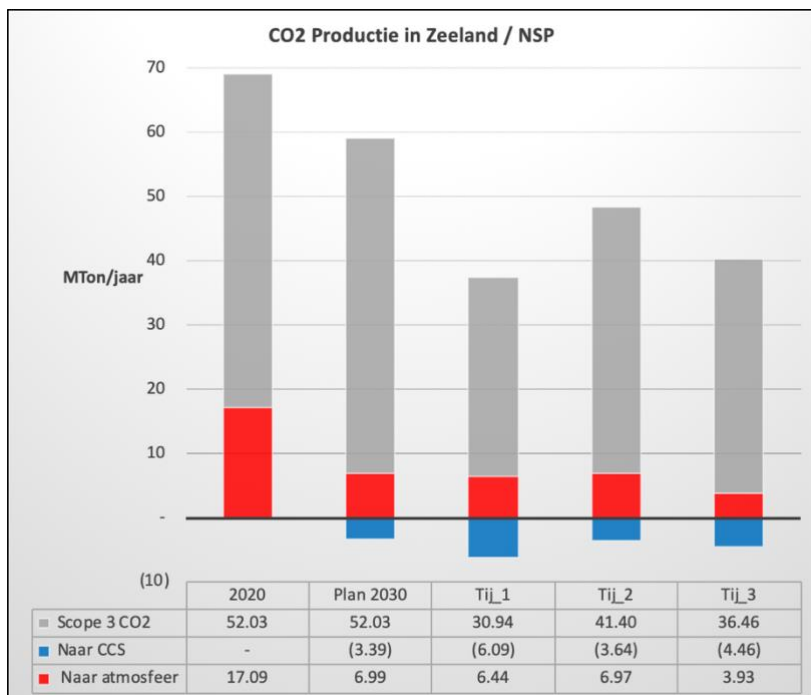
In de berekeningen zijn de scope 1 emissies, de CO₂-emissies afkomstig van de productie (schoorsteenemissies plus de CO₂ opgeslagen in ondergrondse opslag) en de scope 3 emissies, de emissies die voortvloeien uit het gebruik van de producten of het afval wat ze veroorzaken. Scope 2 emissies, emissies afkomstig van de productie van utiliteiten (elektriciteit, stikstof, zuurstof, water) zijn niet meegenomen in de beschouwingen omdat hiervoor detailinformatie ontbreekt.

Alle drie de varianten van TIJ leveren aanzienlijk betere resultaten op voor wat betreft uitstoot van broeikasgassen. Vooral de resultaten voor scope 3 emissie zijn aanzienlijk beter. In optie Tij_3 wordt ook een aanzienlijke reductie van CO₂ uitstoot naar de lucht (scope 1) gerealiseerd door de vervanging van de technologie bij ArcelorMittal. Het blijft in de plannen van TIJ noodzakelijk om CCS toe te passen om de klimaatdoelstellingen voor 2030 te bereiken.

Totale eliminatie van CO₂-productie is een doelstelling voor 2050. De hier gepresenteerde plannen realiseren die doelstelling nog niet, maar maken een versnelling wel mogelijk aangezien de drie TIJ-plannen door de synergiën de behoefte aan duurzaam opgewekte elektriciteit verminderen. Verdergaande eliminatie van CO₂-productie vergt

voor Dow, Zeeland Refinery en Yara namelijk verregaande elektrificatie van de installaties door bijvoorbeeld het gebruik van warmtepompen en elektrische stookinstallaties.

In figuur 4 is de CO₂-productie van de bedrijven voor de verschillende varianten weergegeven.



Overigens resulteert het gebruik van biomassa in de drie TIJ-opties in een vermindering van ongeveer 5,5 (Tij_1) of bijna 4 MTon/jaar CO₂ (Tij_2 en Tij_3) in de atmosfeer, doordat planten en bomen voor hun groei CO₂ vastleggen in de biomassa. Deze negatieve emissies zijn nodig om ook na 2050 de wereldwijde temperatuurstijging te beheersen. Momenteel is echter nog niet vastgelegd door de EU of en hoe deze 'negatieve' emissies verwerkt worden in om die reden is het dan ook niet meegenomen in de berekeningen.

TIJ pleit voor het gebruik van biomassa mits het om afval gaat en niet speciaal voor dat doel geproduceerde gewassen of biomassa afkomstig uit natuurgebieden. De hoeveelheden biomassa waarmee in de plannen gerekend is, kunnen zonder probleem in Nederland verzameld worden

Figuur 4: Scope 1 en Scope 3 CO₂-emissies voor de verschillende scenario's

zonder gebruik te hoeven maken van bovengenoemde bronnen of van mest. Dit zal echter ten koste gaan van de compostingsbedrijven en gedeeltelijk de bio-vergisters, bedrijven die overigens ook een grote CO₂-uitstoot hebben.

Scope 1 CO₂-emissies

De scope 1 emissies naar de atmosfeer nemen af in 2030 ten opzichte van 2020 door procesverbeteringen die de bedrijven nu reeds aangekondigd hebben. Vooral voor ArcelorMittal is dat aanzienlijk door de veranderde technologie die in één van de twee productielijnen gaat introduceren. De scope 1 emissies bij Zeeland Refinery, Dow en Yara zijn voornamelijk afkomstig van bronnen waar een relatieve lage concentraties aan CO₂ in de rookgassen aanwezig is. Verdergaande reductie van deze bronnen vergt elektrificatie van de procesinstallaties. Voor de emissiepunten met hoge concentratie CO₂ wordt door de drie Zeeuwse bedrijven de uitstoot van CO₂ naar de atmosfeer verminderd door CCS toe te passen.

In de alternatieve plannen van TIJ zijn de scope 1 emissies anders om twee redenen:

De introductie van de pyrolyse installaties van PyroCo hebben een grote additionele energievraag, die gedeeltelijk wordt ingevuld met duurzame elektriciteit, maar anderzijds ook door het gebruik van waterstof als brandstof. De waterstof wordt verkregen uit de omzetting van circulaire en bio-methaan, die als bijproducten gevormd worden bij PyroCo zelf en bij Dow. De CO₂ die vrijkomt bij de productie van de waterstof wordt met CCS afgevangen om te voorkomen dat Zeeland meer CO₂ naar de atmosfeer gaat uitstoten.

Daarnaast wordt in de alternatieven van Tij door gebruik te maken van procesintegratie (industriële symbiose) besparingen gerealiseerd in het energieverbruik en daarmee de CO₂-productie van de bedrijven zelf. Zo worden bijvoorbeeld de ethyleen en propyleen geproduceerd bij de pyrolyse van plastic afval bij Dow gescheiden in de krakers waardoor er minder nafta en LPG gekraakt hoeft te worden. Ook is een Methanol-to-Olefins plant een producent van energie, en heeft geen CO₂-uitstoot.

De alternatieven Tij_1 en in mindere mate Tij_2 vergen iets meer CCS opslagcapaciteit. Naar onze mening is dat als tijdelijke oplossing acceptabel en zelfs gewenst omdat hierdoor een veel grotere reductie van scope 3 emissies

wordt gerealiseerd zoals hieronder beschreven. Door gebruik te maken van afval plastics als circulaire grondstof wordt voorkomen dat deze plastics verbrand moeten worden in afvalverbrandingsinstallaties. Deze installaties, waarvan er drie in de lijst van grootste CO₂-uitstoters van Nederland staan, hebben aangekondigd dat zij ook CCS willen gaan toepassen om hun uitstoot naar de atmosfeer te beperken. De alternatieve plannen van Tij voorkomen dat ook zij op grote schaal CCS moeten gaan toepassen.

In Bijlage 5 zijn de details van de CO₂-emissies per bedrijf vermeld als ook de gebruikte aannames en variabelen. De vereiste ETS emissierechten voor de drie bedrijven gaan aanzienlijk omlaag met respectievelijk ruim 680 (Tij_1), 320 kTon/jaar (Tij_2) en zelfs 3 MTon/jaar (Tij_3) ten opzichte van de bedrijfsplannen voor 2030.

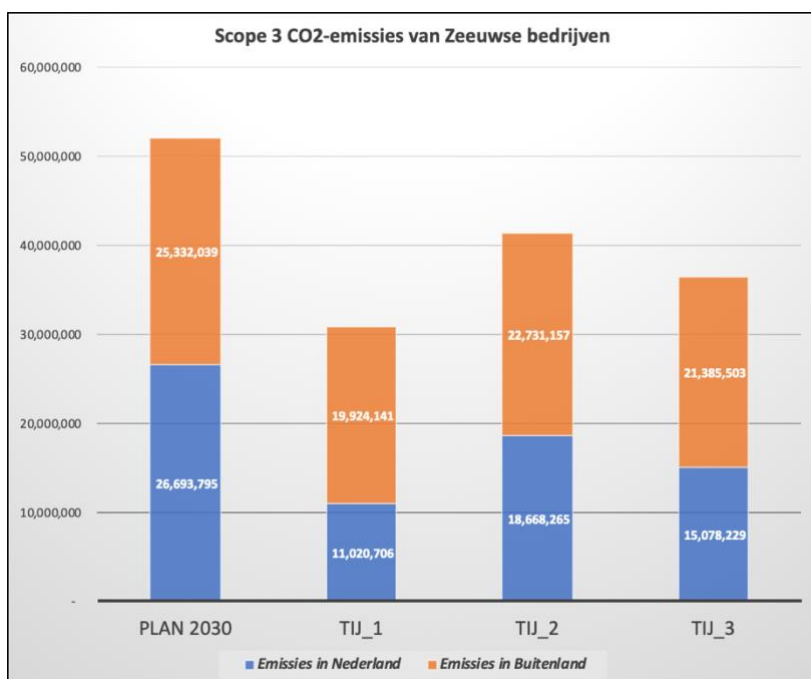
Scope 3 CO₂-emissies

In de berekeningen voor scope 3 emissies hebben wij uitsluitend rekening gehouden met emissies veroorzaakt door het gebruik van producten en/of 'end-of-life' CO₂-emissies van de producten. Andere scope 3 emissies als bijvoorbeeld transport zijn niet meegenomen. Plastics, wat als afval wordt verbrand in een afval verbrandingsinstallatie, en brandstoffen geven een zeer grote scope 3 belasting. Recyclage van plastic afval tot grondstoffen heeft dus een positieve milieu impact.

De plannen van TIJ hebben een zeer grote milieuwinst in de scope 3 emissies. Ten opzichte van de bedrijfsplannen voor 2030 zullen deze emissies met respectievelijk ruim 21 MTon (Tij_1), 10,5 MTon (Tij_2) of 15,5 MTon (Tij_3) per jaar dalen ten opzichte van de bestaande plannen voor 2030. Een veelvoud van de opgave voor de bedrijven zoals besproken in het klimaatakkoord.

De scope 3 emissiereducties zullen echter slechts voor een deel in Nederland gerealiseerd worden omdat de bedrijven een groot deel van hun eindproducten exporteren. Het percentage van export van de producten voor de bedrijven is ons niet exact bekend, maar onder de aanname dat Zeeland Refinery 25% van haar producten exporteert en Dow en Yara ieder 85% van hun producten buiten Nederland afzet is een schatting gemaakt waar deze scope 3 emissies uiteindelijk plaatsvinden. Zie figuur 5.

Het is overigens moeilijk op basis van de beschikbare gegevens een inschatting te maken van de scope 2 emissies, de emissies gerelateerd aan de opwekking van utiliteiten (elektriciteit met name). Voor zover ons bekend zijn die nog niet publiekelijk bekend gemaakt door de drie bedrijven. Ze zullen echter niet significant veranderen door de plannen voor 2030 of door de alternatieve plannen van TIJ.

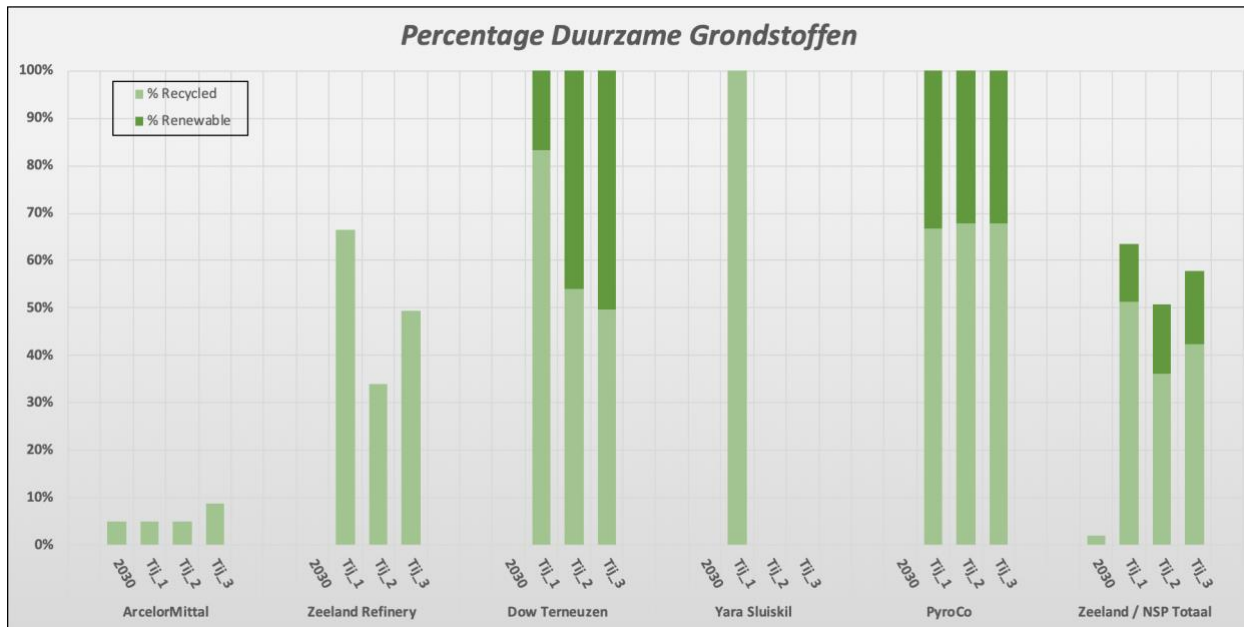


Samenvattend kan gesteld worden de uitstoot van broeikasgassen in de plannen van TIJ een aanzienlijke CO₂-reductie realiseren ten opzichte van de plannen van de industrie voor 2030. De verschillen tussen de scope 1 emissies zijn niet zeer groot voor de opties Tij_1 en Tij_2, maar aanzienlijk voor optie Tij_3. In alle drie de TIJ-plannen zit echter een grote winst in de grote reductie van scope 3 emissies van de bedrijven. De Zeeuwse bedrijven onderschrijven allen de principes van Responsible Care®. Daar hoort ook bij verantwoordelijkheid nemen voor de gevolgen van producten in het gebruik en als afvalstroom. Verminderen van de milieubelasting door scope 3 emissies zou daarom zwaar moeten tellen voor de bedrijven.

Figuur 5: Scope 3 CO₂-emissies in Ton/jaar

Circulariteit

Nederland en de provincie Zeeland) heeft zich tot doel gesteld om in 2030 het gebruik van abiotische grondstoffen met 50% te reduceren. Ook fossiele grondstoffen vallen onder deze doelstelling. Er is voor deze ambities nog geen meetmethodiek vastgelegd en ook het referentiejaar is nog niet duidelijk. De voorbeelden in deze studie laten echter zien dat een sterke reductie van import van fossiele grondstoffen mogelijk is. Uitvoering van Tij_1 of Tij_3 zou het behalen van de doelstelling voor 2030 voor Zeeland betekenen, al moet daarbij wel vermeld worden dat het onwaarschijnlijk is dat een volledige implementatie van alle mogelijke TIJ-plannen voor 2030 mogelijk is.



Figuur 6: Percentage duurzame grondstofgebruik voor de scenario's

Bij gebrek aan landelijk of Europese richtlijnen voor rapportage hebben wij ons gebaseerd op hergebruik (Recycled) van producten (schroot en plastic afval) en gebruik van 'Renewables' (biomassa) op basis van de grondstoffen voor de diverse bedrijven. Beide opties kunnen als duurzaam bestempeld worden.

	Grondstoffen gebruik [kTon/jaar]				Percentage reductie abiotische grondst.	Grondstoffen	
	Fossiel	Biotisch	Mineraal	Gerecycleerd		% Renewables	% Recycled
PyroCo							
Plan 2030							
Plan Tij_1		3700		7400	N/A	33%	67%
Plan Tij_2		2600		5500	N/A	32%	68%
Plan Tij_3		2600		5500	N/A	32%	68%
Zeeland Refinery							
Plan 2030	10500					0%	0%
Plan Tij_1	3514			6986	67%	0%	67%
Plan Tij_2	6925			3575	34%	0%	34%
Plan Tij_3	5308			5192	49%	0%	49%
Dow Terneuzen							
Plan 2030	3900					0%	0%
Plan Tij_1		648		3256	100%	17%	83%
Plan Tij_2		2584		3047	100%	46%	54%
Plan Tij_3		2434		2420	100%	50%	50%
Yara Sluiskil							
Plan 2030	651					0%	0%
Plan Tij_1				325	100%	0%	100%
Plan Tij_2	651				0%	0%	0%
Plan Tij_3	651				0%	0%	0%
ArcelorMittal							
Plan 2030	1734		7850	505		0%	5%
Plan Tij_1	1734		7850	505	0%	0%	5%
Plan Tij_2	1734		7850	505	0%	0%	5%
Plan Tij_3	-		7850	762	18%	0%	9%

	Grondstoffen gebruik [kTon/jaar]				% Reductie abiotische grondst.	Grondstoffen	
	Fossiel	Biotisch	Mineraal	Gerecycleerd		% Renewables	% Recycled
Zeeland / NSP Totaal							
Plan 2030	16784	-	7850	505		0%	2%
Plan Tij_1	5248	4348	7850	18472	69%	12%	51%
Plan Tij_2	9309	5184	7850	12627	45%	15%	36%
Plan Tij_3	5959	5034	7850	13874	64%	15%	42%

Tabel 2: Kengetallen grondstoffenverbruik en grondstoffenherkomst

In de plannen van de bedrijven voor 2030 zit nauwelijks recyclage ingepland en 'Renewables' zijn ook nog nauwelijks voorzien. Implementatie van de alternatieve plannen van Tij zal ervoor zorgen dat de doelstellingen van Nederland en de provincie Zeeland ten aanzien van circulariteit worden bereikt. In de tabel zijn de genoemde circulariteit kengetallen samengevat. Verder is in figuur 8 aangegeven hoe de resultaten voor de verschillende scenario's uitwerken voor wat betreft circulariteit.

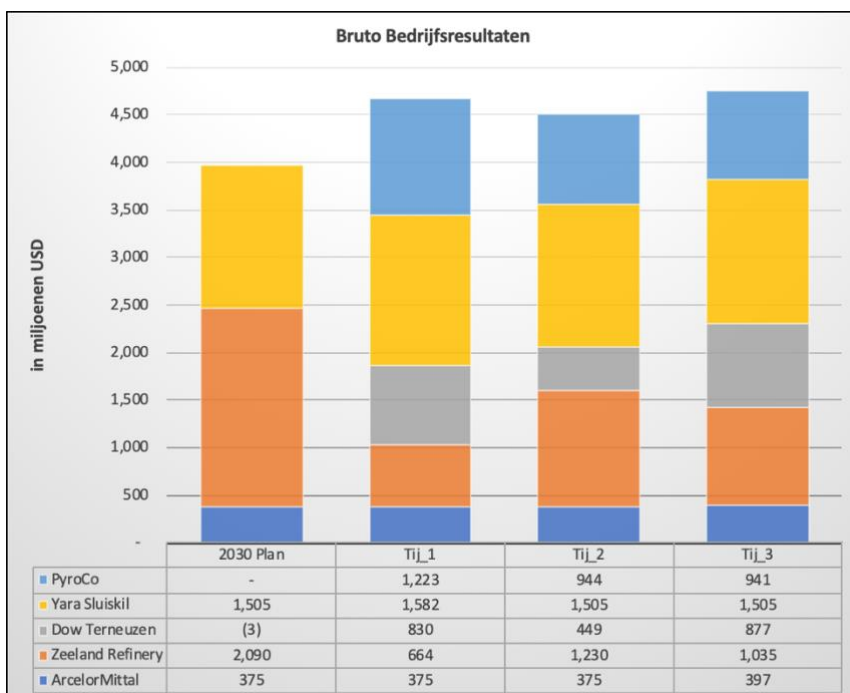
Economische aspecten

De economische aspecten van de TIJ-opties zijn ook met het model doorgerekend. Uiteraard zijn de resultaten afhankelijk van de aannames voor de prijzen voor grondstoffen, tussen- en eindproducten. In de berekeningen is daarom uitgegaan van de marktprijzen. Voor de gepresenteerde resultaten zijn de prijzen van de eerste week van maart 2023 gebruikt. Voor (tussen-)producten waar geen marktprijs beschikbaar is, zijn prijsformules gebruikt die realistisch zijn en gebaseerd zijn op marktprijzen en conversiekosten. Uiteraard kan tussen bedrijven andere prijzen afgesproken worden waardoor winstgevendheid voor de individuele bedrijven anders uitpakken. Er is daarom ook een 'envelop' berekening gemaakt voor alle betrokken bedrijven tezamen onder de noemer Zeeland/NSP, zodat de totale winstgevendheid beoordeeld kunnen worden. De gebruikte prijzen en formules zijn toegevoegd in Bijlage 2.

Voor de benodigde investeringen (CAPEX) zijn inschattingen gemaakt gebaseerd op standaardprijzen. De gebruikte gegevens hiervoor zijn ook te vinden in Bijlage 2.

Rentabiliteit

Er is op twee manieren gekeken naar de rentabiliteit van de investeringen. Enerzijds is bekeken wat de gevolgen zijn voor de bruto winstmarges van de bedrijven ten opzichte van de plannen die gepresenteerd zijn voor 2030. Daarmee wordt het mogelijk om een inschatting te maken wat de overschakeling naar niet-fossiele grondstoffen en



Figuur 7: Brutowinsten voor de drie scenario's

procesintegratie tussen de bedrijven doet voor de winstgevendheid van de bedrijven. Daarnaast is ook geëvalueerd wat de projecten als effect hebben op de kostprijs van de hoofdproducten die de bedrijven produceren. Dat laatste maakt het mogelijk om een beter inzicht te verkrijgen van de gevolgen voor de concurrentiepositie voor de vestigingen in Europa en op de wereldmarkt. Dit laatste is met name van belang omdat in de huidige plannen voor 2030 de drie Zeeuwse bedrijven meer energie gaan verbruiken voor de afvang, transport en onderzeese opslag van CO₂, wat resulteert in hogere kosten en een verminderde concurrentiekracht van de bedrijven op de wereldmarkt.

De doorlooptijd voor het realiseren van projecten van deze schaalgrootte is 10 – 15 jaar. Het ligt in de lijn der verwachtingen

dat in de komende jaren en zeker voorbij 2030 de vraag naar duurzaam geproduceerde producten aanzienlijk groter is dan tegenwoordig en er daarom allicht in de markt een hogere prijs betaald wordt voor deze producten dan voor hun 'fossiele' equivalenten. Wij hebben deze verwachting echter niet meegenomen in de economische berekeningen. In het hoofdstuk "Analyses en conclusies" wordt hier echter wel op ingegaan, vooral met betrekking tot de markt voor brandstof producten.

In bijlage 6 zijn de bedrijfsresultaten voor zowel de bedrijfsplannen voor 2030 als voor Plan Tij_1 en Plan Tij_2 opgenomen voor de bestaande bedrijven. De resultaten zijn ook grafisch weergegeven in figuur 7. Opmerkelijk is dat Dow Terneuzen door uitvoering van hun plan om voor 2030 over te schakelen van fuelgas naar waterstof voor de stookinstallaties van de stoomkrakers in onze berekeningen verlies gaat maken op hun productie van olefinen. Dit wordt veroorzaakt door de toename in bedrijfskapitaal en operationele kosten voor de nieuwe waterstoffabriek, maar ook omdat we in de gebruikte berekeningen de waterstof in het model een waarde toekennen die wellicht hoger ligt dan de kostprijs voor Dow om op deze wijze waterstof te maken op haar vestiging. Dow zal in haar 2030 plannen de benodigde waterstof zelf goedkoper kunnen produceren omdat hiervoor een bijproduct van het kraakproces wordt gebruikt, maar zonder twijfel zal de concurrentiepositie van de Terneuzen vestiging door deze klimaatmaatregel verslechteren door het gebruik van meer energie voor afvang van CO₂, de kosten voor op transport en opslag van CO₂, en vergroting van het geïnvesteerde vermogen in de vestiging zonder dat de hoeveelheid verkoopbare producten toeneemt. Implementatie van een van de Plannen TIJ resulteert in sterk verbeterde winstgevendheid van Dow. De hoofdoorzaak hiervan ligt in lagere grondstofkosten en de mogelijkheid voor Dow om een grote producent/verkoper van waterstof te worden in de circulaire plannen.

In eerste instantie lijkt Zeeland Refinery een verminderde winstmarge te realiseren in de plannen van TIJ. De oorzaak daarvan ligt echter vooral in de gebruikte prijzen in de modellering. De toegekende prijs voor pyrolyseolie ligt namelijk aanzienlijk hoger dan voor fossiele olie, terwijl de twee types geproduceerde producten, circulaire producten en fossiele olieproducten, in de modelberekeningen een gelijke prijs hebben. Die laatste aanname is echter twijfelachtig. Het valt te verwachten dat door de wet- en regelgeving in de EU en Nederland op de middellange termijn de waarde van fossiele olieproducten lager zal zijn dan die van circulaire varianten. Ook hier wordt nader op ingegaan in het hoofdstuk Analyses en Conclusies. Maar zelfs bij de gebruikte aannames voor de prijzen is de rentabiliteit van de drie alternatieve plannen van TIJ goed te noemen en is de terugverdientijd van de projectinvesteringen van Zeeland Refinery zeer kort.

Voor Yara heeft worden uitsluitend de plannen van het bedrijf voor 2030 vergeleken met Plan Tij_1. Aangezien in plan TIJ een prijsformule gekozen is voor waterstof die gebaseerd is op de prijs van aardgas en de conversiekosten van een waterstof fabriek plus CCS-kosten, zit de winst voor Yara niet zo zeer in lagere grondstofkosten, maar maakt Plan Tij_1 het mogelijk voor Yara om de energie-intensieve waterstoffabrieken (met aardgas als grondstof) uit bedrijf te nemen en te ontmantelen. Bovendien realiseert Yara in Plan Tij_1 lagere kosten voor de geproduceerde CO₂, die voor een deel wordt afgezet op de markt. Het bedrijfsresultaat voor Yara zal bij uitvoering van Plan Tij_1 met circa 75 miljoen USD verbeteren bij een investering die niet hoger is dan enkele tientallen miljoenen.

Voor ArcelorMittal lijkt er slechts een minimale maar positieve impact op de bedrijfsresultaten te zijn wanneer het gehele bedrijf overgaat op ruw ijzerproductie met het DRI-proces. We hebben echter in deze berekeningen niet meegenomen wat de operationele kostendaling zal zijn als gevolg van het sluiten van de cokesfabrieken wat mogelijk wordt als beide Blast Furnace productielijnen omgebouwd worden. Er werken ca. 200 mensen in de cokesfabrieken en de operationele kosten en onderhoud van deze fabrieken zijn aanzienlijk. Het is moeilijk om een inschatting te maken, maar het lijkt realistisch dat de kostenbesparing in de tientallen miljoenen euro's per jaar zal lopen. Dit is vooralsnog echter nog niet meegenomen in de berekeningen. Desondanks is het een positieve verrassing dat ijzer geproduceerd met het DRI-proces en integratie met Dow en Zeeland Refinery resulteert in een gelijk, of waarschijnlijk zelfs beter bedrijfsresultaat voor ArcelorMittal dan de huidige processen. Dit wordt vooral veroorzaakt doordat de waterstof, geproduceerd in de configuratie van Tij_3, een aanzienlijke lagere prijs heeft dan het alternatief 'groene waterstof', geproduceerd vanuit windparken en elektrolyzers.

Voor PyroCo, het bedrijf dat de pyrolyse en gasificatie processen opereert in de circulaire plannen, is de uitkomst dat de uitgewerkte plannen aantrekkelijk zijn met bruto winstmarges van ruim 20%. Dergelijke marges maken de benodigde investeringen, die toch aanzienlijk zijn voor PyroCo, mogelijk. Het is van belang te melden dat deze opties alleen gerealiseerd kunnen worden omdat de bedrijven geografisch dicht bij elkaar gelegen zijn waardoor transport

van tussenproducten per pijpleiding kan geschieden. Als PyroCo in Rotterdam of nog verder weg geplaatst wordt dan is pijpleidingtransport niet meer mogelijk en kunnen de synergiën van processtroom-integratie niet of slechts tegen zeer hoge kosten gerealiseerd worden.

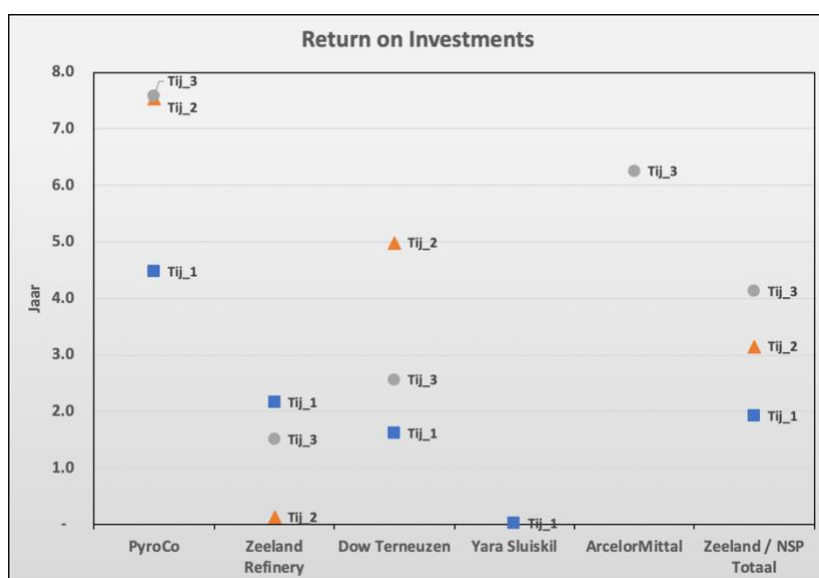
Investerings en terugverdiertijden

Er is een gedetailleerde inschatting gemaakt van de benodigde investeringen voor de verschillende alternatieven. De investeringen zijn in alle gevallen aanzienlijk en de details zijn opgenomen in de Bijlage 2. Overigens vragen de plannen die de drie bedrijven nu gepubliceerd hebben ook om flinke investeringen. Deze zijn nog niet bekend gemaakt en ook de terugverdiertijden voor deze plannen zijn daarom niet bekend.

Onze inschatting is dat investeringen voor de vier bedrijven voor de 2030 plannen ruim 3,5 miljard USD bedragen. Er is echter een overlap van ongeveer 2.6 miljard USD met de investeringen zoals ingeschat voor de plannen van TIJ. Hieronder in tabel 1 een overzicht van de geschatte investeringen en de berekende 'Return-on-Investment' gebaseerd op de bruto winstmarge voor de verschillende bedrijven:

[in miljoen USD]	PyroCo			Zeeland Refinery			Dow Terneuzen			Yara	ArcelorMittal	Zeeland / NSP totaal		
	Tij_1	Tij_2	Tij_3	Tij_1	Tij_2	Tij_3	Tij_1	Tij_2	Tij_3	Tij_1	Tij_3	Tij_1	Tij_2	Tij_3
Project kosten	5,468	7,106	7,127	1,430	150	1,550	1,333	2,241	2,241	20	2,480	8,251	9,496	13,398
Bruto winstmarge	1,223	944	941	664	1,230	1,035	830	449	877	1,582	397	4,300	3,020	3,249
Return on Investment [jaar]	4.5	7.5	7.6	2.2	0.1	1.5	1.6	5.0	2.6	0.0	6.3	1.9	3.1	4.1

Tabel 3: Terugverdiertijden van de investeringen voor de verschillende scenario's.



Figuur 8: Terugverdiertijden voor de scenario's

De terugverdiertijden zijn zeer aantrekkelijk, zeker voor investeringen van deze orde grootte. Wat overigens nog niet in de berekeningen is meegenomen zijn de prijstrends voor de komende 10 – 15 jaar. De vraag naar duurzame brandstoffen, duurzame plastics, duurzaam staal en 'groene kunstmest' kan toenemen. De prijzen voor niet duurzaam geproduceerde producten zal dan lager zijn dan voor duurzame chemicaliën en plastics en door de introductie van het Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) in de EU zal import van niet duurzame producten van elders veel minder aantrekkelijk worden. Deze ontwikkelingen zullen de winstmarges voor circulaire producten alleen maar beter maken.

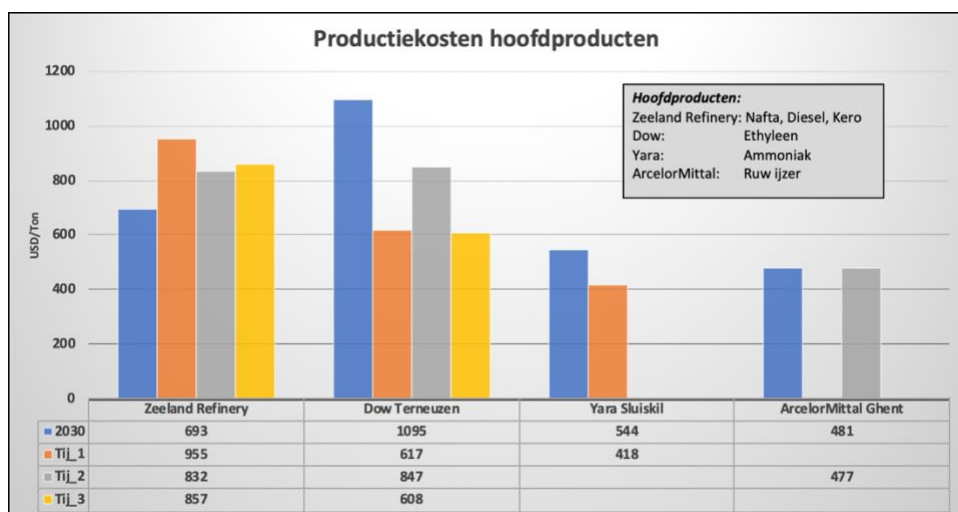
Concurrentiepositie bedrijven

Bulkproducten als plastics, ijzer en kunstmest worden verhandeld op een globale markt. De producent met de laagste kostprijs is niet alleen de producent met de beste economische resultaten, maar is ook de producent die het langst blijft opereren als de vraag in de markt ten tijde van een recessie omlaaggaat. In dit opzicht zijn producenten in de EU momenteel in het nadeel ten opzichte van producenten in landen waar fossiele grondstoffen in grote hoeveelheden gewonnen worden zoals bijvoorbeeld Verenigde Staten, M-Oosten, Rusland, etc. De producenten in die landen krijgen hun fossiele grondstoffen tegen een aanzienlijke lagere prijs aangeleverd en hun kostprijs ligt daarom vaak veel lager dan die van de Europese producenten. Deze situatie zal naar verwachting de komende jaren niet wezenlijk veranderen.

Daarnaast zijn er nog andere ontwikkelingen die mogelijk een grote impact hebben op de kosten van producenten in Europa. Duurzaam opgewekte elektriciteit zal naar verwachting aanzienlijk goedkoper zijn in gebieden met veel beschikbare wind- en zonne-energie en voldoende ruimte voor grote zonne- en windparken. De verwachting is dat landen in het M-Oosten, Afrika, Australië en Latijns-Amerika in de toekomst veel goedkope duurzame elektriciteit zullen opwekken. Een groot deel van die energie kan dan vervolgens geëxporteerd worden in de vorm van waterstofdragers als bijvoorbeeld 'groene ammoniak'. Dit vormt een grote uitdaging voor bijvoorbeeld Yara Sluiskil

om, lokaal concurrerend, groene ammoniak te kunnen produceren, zelfs al is er voldoende duurzaam opgewekte energie om lokaal groene waterstof te produceren.

Figuur 9 toont in de vier scenario's de kostprijs van de hoofdproducten van Dow (ethyleen), Zeeland Refinery (Nafta, Diesel, Kerosine), Yara (ammoniak) en ArcelorMittal (ruw ijzer).



Figuur 9: Kostprijs hoofdproducten in de scenario's

Voor Zeeland Refinery stijgt de kostprijs van de zogenaamde Hoofdproducten (Diesel, Nafta, kerosine), maar de reden voor dit bedrijf om circulair te worden zijn eerder existentieel dan economisch van aard zoals in het hoofdstuk "Analyse en Conclusies" wordt beargumenteerd. Rond 2035 zou Zeeland Refinery fossiele benzine, Diesel en kerosine niet meer als

'Hoofdproducten', maar als "Byproduct Credits" moeten gaan beschouwen. De brandstoffenmarkt voor fossiele brandstoffen zal gaan krimpen, die voor duurzaam geproduceerde, circulaire brandstoffen zal naar verwachting juist groeien.

Voor Dow zijn alle TIJ scenario's zeer gunstig. Vooral het feit dat Dow meer propyleen produceert, waterstof verkoopt en feitelijk meer 'koolstof' uit de grondstoffen gebruikt voor het maken van producten in plaats van het te verbranden als energiebron, maakt de kostprijs van ethyleen lager. Op deze wijze wordt Dow weer winstgevend en zelfs zeer competitief op de wereldmarkt. Indien Dow Terneuzen niet naar circulaire grondstoffen overschakelt is het twijfelachtig of Dow op de huidige schaal in Terneuzen nog toekomst heeft. Plan Tij_2 lijkt iets minder gunstig voor Dow dan Tij_1 of Tij_3. Wat in de beschouwingen niet is meegenomen is de verwachting dat de biomethanol-prijs op termijn gaat zakken. Met name indien de scheepvaart gaat overschakelen op biomethanol als brandstof zal de productie van biomethanol sterk toenemen. Mocht dat inderdaad het geval zijn dan worden Plan Tij_2 en Tij_3 nog aantrekkelijk voor Dow omdat dan de oude (inefficiënte) stoomkraker gestopt kan worden.

Voor Yara dalen de kosten voor het maken van ammoniak met 135 USD/Ton in Plan Tij_1. De winst wordt hier behaald door de mogelijkheid om de bestaande waterstoffabrieken van Yara voor de productie van ammoniak te sluiten en de benodigde waterstof vanaf Zeeland Refinery te betrekken. Het sluiten van de waterstoffabrieken kost weliswaar werkgelegenheid, maar levert fikse reductie op in kosten voor CO2-opslag (CCS en emissierechten), utiliteiten, verbruik en overige operationele uitgaven.

Voor ArcelorMittal wordt de kostprijs voor de productie van een ton ruw staal niet significant anders in plan Tij_3 vergeleken met wat het bedrijf nu reeds van plan is voor 2030. Hierbij moet gesteld worden dat de kostenvermindering vanwege het sluiten van de cokesfabrieken nog niet in de berekeningen is meegenomen. Het lijkt aannemelijk dat dit toch een kostenbesparing van enkele tientallen euro's per ton staal zou kunnen opleveren.

Werkgelegenheid

Er is een inschatting gemaakt wat de gevolgen zijn voor de directe werkgelegenheid voor de scenario's. De kosten van additionele arbeidsplaatsen zijn meegenomen in de berekeningen. Tabel 4 hieronder geeft weer hoeveel de geschatte toename/afname in FTE's per bedrijf is voor de twee plannen ten opzichte van de huidige tewerkstelling. Indirecte werkgelegenheid is niet meegenomen in deze schattingen. De werkgelegenheid in de industrie in de Kanaalzone zal in alle scenario's iets toenemen, vooral in de technische beroepsgroepen.

	Plan 2030	Tij_1	Tij_2	Tij_3
PyroCo		150	150	150
Dow Terneuzen	50	50	130	50
Zeeland Refinery	15	15	0	15
Yara	0	-15		
ArcelorMittal	0			0

Tabel 4: Werkgelegenheid gevolgen van de verschillende scenario's

Analyses en Conclusies

Uit de modeleringen blijkt dat de door TIJ aangedragen alternatieven op vrijwel alle resultaatgebieden tot betere resultaten leiden dan de plannen die de bedrijven zelf hebben gepresenteerd voor 2030. Het is goed dat de bedrijven hun plannen voor 2030 nu met spoed realiseren, maar tegelijkertijd moeten er ook stappen gezet worden om circulaire grondstoffen te gaan gebruiken. Voor de lange termijn is dat de enige garantie dat er een duurzame Zeeuwse industrie overeind kan blijven. Hieronder volgt samenvattend een korte analyse per bedrijf van de resultaten van de modelering:

Zeeland Refinery:

Raffinage van fossiele aardolieproducten wordt, als gevolg van het klimaatbeleid van de EU en Nederland, op korte termijn een krimpende bedrijfstak. De vraag naar fossiele benzine, diesel en kerosine zal vanaf 2030 afnemen. De Europese raffinagesector zal daarom óf sterk inkrimpen óf haar productiecapaciteit gebruiken om grondstoffen te maken voor andere maakindustrie. De modelering laat zien dat het voor Zeeland Refinery mogelijk is om deze stap te maken. De nabijheid van Dow en Yara kan voor ZR zelfs een logistiek voordeel betekenen aangezien pijpleidingtransport van producten makkelijk te realiseren is. Zeeland Refinery verandert op deze wijze in het komend decennium van een producent van brandstoffen naar een producent van grondstoffen voor de industrie (circulaire nafta en waterstof). Alhoewel in de berekeningen Zeeland Refinery zijn capaciteit blijft opvullen tot 10,5 Mton per jaar voeding lijkt het niet onwaarschijnlijk dat na 2030 de vraag naar fossiele brandstoffen zo veel terugloopt dat dergelijke productievolumes niet meer gerealiseerd worden. Dat biedt dan de mogelijkheid om additionele pyrolyseolie-producten te verwerken (voor bijvoorbeeld de clusters Moerdijk en/of Geleen) of de Hydrocracker na ombouw geschikt te maken voor de verwerking van circulaire- of biodiesel en circulaire- of bio-kerosine naar circulaire nafta (of bio-nafta).

De winstmarges van ZR lijken in de circulaire opties van TIJ iets achteruit te gaan, maar dit is een vertekend beeld. De marktvaart naar en daardoor de prijs van fossiele brandstoffen zal sterk dalen vanaf 2030 en zeker vanaf 2035. Daar staat tegenover dat de vraag naar duurzame nafta en kerosine (Sustainable Air Fuels) flink zal toenemen. Het is waarschijnlijk dat de marges van fossiele brandstoffen significant lager zullen zijn dan die voor gelijke circulaire producten. Met andere woorden, het overschakelen naar circulaire grondstoffen en het produceren voor de plastics-industrie is op de middellange termijn de enige manier om voor Zeeland Refinery nog een rendabele operatie te realiseren. Door circulaire grondstoffen te gaan gebruiken is er een toekomst voor Zeeland Refinery, zeker als samengewerkt gaat worden met de andere Zeeuwse bedrijven en de producenten van pyrolyse producten. Lange termijn is er zeker geen toekomst voor Zeeland Refinery als het door blijft gaan met het produceren van fossiele brandstoffen.

Dow Terneuzen:

Voor Dow Terneuzen bieden de plannen van TIJ niet alleen perspectief op betere economische bedrijfsresultaten, maar ze geven Dow ook de mogelijkheid om de markt op te gaan van de duurzame plastics. Dow Terneuzen heeft alleen maar voordelen bij implementatie van de opties van Tij_1 en zou daarom een voortrekkersrol moeten nemen om deze plannen in Zeeland, samen met ZR, te bewerkstelligen. Plan Tij_1 en Plan Tij_3 zijn iets aantrekkelijker voor Dow dan Tij_2, maar vergen van andere partijen (Yara, dan wel ArcelorMittal) bereidheid tot samenwerking. Ook is er een grotere hoeveelheid plastic afval nodig in Tij_1 dan in de andere scenario's. De logistiek voor deze afvalrecyclage moet nog helemaal opgezet worden.

Plan Tij_2 en Tij_3 vergen meer investeringen voor Dow, maar daardoor wordt het mogelijk een van de twee oude en inefficiënte stoomkrakers van Dow eerder uit bedrijf te nemen. Ook om die reden kan het toch aantrekkelijk zijn voor Dow of optie Tij_2 en Tij_3 te overwegen. Afhankelijk hoe de capaciteit voor de productie van biomethanol groeit in de komende jaren is overschakeling van een traditionele stoomkraker naar een MTO-proces wellicht meer en meer aantrekkelijk in de komende jaren. Daarvoor is dan wel noodzakelijk dat het gebruik van biomassa voor de opwekking van elektriciteit of verbranding van plastic afval in afvalverbrandingsinstallaties gestopt wordt. Dit zijn de toekomstige relieken uit de tijd van de lineaire economie.

Yara Sluiskil

Uit de laatste interacties tussen Yara en Denktank TIJ is naar voren gekomen dat Yara geen prioriteit geeft aan vergroening van zijn ammoniakproductie door middel een waterstofstroom uit de van pyrolyse van afval. Een andere grote ammoniakproducent in Nederland, OCI in Geleen, overweegt dit echter wel degelijk. De modelering van de

optie Tij_1 laat zien dat het wel degelijk mogelijk is om ook in Sluiskil significant goedkoper ammoniak te produceren dan via de huidige bedrijfsvoering. De op die manier geproduceerde ammoniak zal waarschijnlijk kunnen concurreren tegen 'groene ammoniak' die van elders moet worden ingevoerd.

Mocht echter Yara in haar bedrijfsstrategie er toch voor kiezen om elders groene ammoniak te produceren en die te importeren in Nederland dan is het zeer waarschijnlijk dat de vestiging van Yara in Sluiskil in de nabije toekomst drastisch zal inkrimpen. De toegevoegde waarde van kunstmest komt vooral uit de productie van ammoniak, niet uit het maken van ureum of het mengen met andere mineralen. Bovendien brengt het transport van ammoniak grote veiligheids- en milieurisico's met zich mee. Ook vanuit dit oogpunt ligt het voor de hand om ureum te produceren waar de groene ammoniak geproduceerd wordt.

Productie van 'groene ammoniak' uit in Nederland opgewekte duurzame elektriciteit en elektrolyse van water zal gezien de geografische ligging en de ruimtelijke beperkingen van Nederland nooit zo goedkoop kunnen als in landen met meer zonne-uren of windkracht dan Nederland. Het lijkt voor de multinational Yara daarom goedkoper om investeringen voor nieuwe capaciteit in die landen te plaatsen.

De enige mogelijkheid voor Yara om in Nederland op de lange termijn duurzaam te produceren bestaat uit integratie van processtromen zoals voorgesteld in optie Tij_1. Mocht dit niet passen in de strategie van het moederconcern, dan is het voor Nederland en Yara beter om de productie te verplaatsen naar landen waar goedkoop groene waterstof geproduceerd kan worden. Financiële ondersteuning vanuit de Rijksoverheid voor de vestiging Sluiskil ligt dan niet voor de hand. De eventuele afvloeiing van personeel zal zonder problemen opgevangen kunnen worden in de lokale economie in de Kanaalzone waar nu al een grote behoefte is aan technisch geschoold personeel.

ArcelorMittal

ArcelorMittal is een interessante casus in de Kanaalzone aangezien het momenteel een van de grootste uitstoters van CO₂ is en in principe tegen redelijke kosten omgezet kan worden naar een staalproducent die geen of nauwelijks CO₂ uitstoot. In de optie Tij_3 is dit uitgewerkt. Anders dan bij bijvoorbeeld Tata Steel in IJmuiden of de meeste andere producenten van staal in Noordwest-Europa hoeft de vestiging in Zelzate niet voorzien te worden van enorme hoeveelheden duurzaam opgewekte elektriciteit om waterstof voor het DRI-proces te produceren. Integratie met Dow, PyroCo, Zeeland Refinery en Sustainable Fuel Plant BV geeft niet alleen de mogelijkheid om volledige verduurzaming van ArcelorMittal in de komende tien jaar te realiseren, maar dit ook nog eens op een economische manier te doen. Een win-win voor milieu, klimaat, en de economie in de Kanaalzone. Implementatie van Tij_3 zou een versnelling van de klimaattransitie in zowel Nederland als België betekenen. Juridisch is het wellicht lastig om 'over de landsgrens' dit soort samenwerkingen te bewerkstelligen. Door de casus voor te leggen aan de EU kunnen deze barrières wellicht geslecht worden. Ook zijn er dan waarschijnlijk mogelijkheden voor subsidies uit Europese ondersteuningsfondsen mogelijk, oa via de Regiodeal.

PyroCo

De berekeningen laten zien dat het opereren van grootschalige pyrolyse en gassificatie-installaties economisch aantrekkelijk is. Zowel voor Tij_1 als voor Tij_2 zijn flinke investeringen nodig, maar de rendementen zijn hoog. Vanwege milieutechnische redenen is de beste manier om pyrolyse op grote schaal toe te passen zo dicht mogelijk in de buurt van de afnemers van de producten. Op die manier kunnen namelijk installaties gebouwd worden voor een redelijke prijs die voldoen aan alle milieuaspecten. Bovendien, en belangrijker, kunnen op die manier de processtromen geïntegreerd worden in de bestaande industrie waardoor de kostenefficiëntie omhooggaat en ook betere resultaten voor wat betreft de uitstoot van CO₂ mogelijk worden. De milieuresultaten van Plan Tij_1 en Tij_2 laten dit zien. De vraag is wie (welke partijen) dergelijke investeringen aan kan. Er zijn enkele bedrijven die sterk investeren in deze technologie (Neste Oy) maar hun aantal is nog beperkt.

Gevolgen voor Zeeland / North Sea Port en Nederland

De modeleringen laten zien dat het combineren van de klimaattransitie met een systeemverandering naar circulaire grondstoffen niet alleen nodig is om de Europese en nationale doelstellingen t.a.v. klimaat én circulariteit te behalen, maar dat er aanzienlijk betere resultaten te behalen zijn, zowel economisch als op milieugebied. Met name de scope 3 emissiereductie zijn zeer groot. Én veel groter dan de reducties die nu bereikt kunnen worden met de huidige en nog te maken maatwerkafspraken voor de procesindustrie. De huidige strategie van maatwerkafspraken

is te veel gefocust op projecten die scope 1 emissies reduceren en bevatten geen of nauwelijks afspraken omtrent circulariteit en scope 3 emissie projecten.

Nederland is op die manier “penny-wise-and-pound-foolish”. Door het combineren van circulariteit met scope 1 projecten kan niet alleen een grotere CO2-emissiereductie bereikt worden, maar worden ook grote stappen gezet naar het realiseren van de circulariteitdoelstellingen van de EU en Nederland.

Elk van de plannen TIJ kunnen voor de Zeeuwse industriecluster een goede invulling zijn van het uitvoeringsprogramma circulaire economie van het ministerie van IenW (Impact door focus op de grondstoffenstromen) en de aanbevelingen in de beleidsnota van het PBL, ‘Mogelijke doelen voor een circulaire economie’. Tevens kan door het kiezen voor een van de opties van TIJ een invulling geven aan de, nog verder te ontwikkelen, circulaire doelstellingen van de provincie Zeeland.

Gevolgen voor de energievraag voor verduurzaming industrie

Ook op het gebied van de toekomstige vraag naar duurzame energie voor de industrie geven de plannen van TIJ een aanzienlijke besparing. Om in 2050 CO2-neutraal te zijn willen de meeste bedrijven verduurzamen door elektrificatie van hun processen. Hierdoor worden ze minder afhankelijk van fossiele brandstoffen (aardgas) en zullen ze minder CO2 produceren. De vraag naar duurzame elektriciteit zal daarom de komende jaren in Nederland vervieelvoudigen en dit vraagt om enerzijds een grote uitbreiding van windparken op de Noordzee en op land (en zonneparken) en anderzijds een aanzienlijke versterking van het landelijk en regionaal netwerk.

De plannen die de vier bedrijven hebben gepresenteerd voor 2030 realiseren een reductie in CO2-uitstoot naar de lucht van ongeveer 45% ten opzichte van de uitstoot van 2020. De EU doelstelling voor 2050 is echter volledige eliminatie van industriële CO2-uitstoot waarbij uitsluitend circulaire grondstoffen gebruikt worden.

Elk van de betrokken bedrijven hebben hun eigen ‘roadmap’ voor het bereiken van de nul-uitstoot doelstelling:

- Dow: overschakelen naar elektrisch kraken en de waterstof die dan niet meer nodig is voor de stookinstallaties van de kraker gebruiken voor de overige stookinstallaties op de vestiging.
- Zeeland Refinery denkt aan het inzetten van groene waterstof en/of elektrische boilers en warmtepompen.
- Yara wil geheel overschakelen naar groene waterstof en/of elektrisch boilers en warmtepompen.
- ArcelorMittal denkt aan volledig overschakelen op DRI-technologie met groene waterstof opgewekt in elektrolyzers als grondstof en warmtepompen en biobrandstoffen voor de overige warmtevraag.

TIJ heeft een inschatting gemaakt hoeveel duurzame energie nodig is als ieder bedrijf op zichzelf deze plannen zou uitwerken en implementeren. De inschattingen zijn gemaakt voor een nul-uitstoot van CO2 naar de lucht en het gebruik van duurzame grondstoffen zoals aangegeven in de tabel (Voor ArcelorMittal is het gebruik van ijzererts en ongebluste kalk buiten beschouwing gelaten in de berekening voor het percentage duurzame grondstoffen). De benodigde energie kan worden vergeleken met de vraag wanneer een van de drie TIJ-varianten zou worden geïmplementeerd. Tabel 5 vat de berekeningen en inschattingen samen:

Plan TIJ	Proces integratie tussen:	% Duurzame grondstoffen	Geen Procesintegratie		Procesintegratie vlg Plan TIJ		Reductie van benodigde energie Optie TIJ vs. Geen Procesintegratie
			CO2 naar CCS [Mton/jaar]	Duurzame energievraag [TWh]	CO2 naar CCS [Mton/jaar]	Duurzame energievraag [TWh]	
Tij_1	PyroCo	100%	3.4	65.9	6.1	33.1	49.8%
	Zeeland Refinery	67%					
	Dow Terneuzen	100%					
	Yara	100%					
Tij_2	PyroCo	100%	2.6	37.0	2.8	31.5	14.8%
	Zeeland Refinery	34%					
	Dow Terneuzen	100%					
Tij_3	PyroCo	100%	2.6	52.6	3.6	33.2	36.7%
	Zeeland Refinery	49%					
	Dow Terneuzen	100%					
	ArcelorMittal	100%					

Tabel 5: Vergelijking energievraag voor verduurzaming bedrijven met en zonder procesintegratie

Alhoewel deze cijfers geen grote nauwkeurigheid hebben, omdat gedetailleerde verduurzamingsstudies op bedrijfsniveau nog niet beschikbaar zijn, is het wel zeker dat de energievraag van de betrokken bedrijven voor volledige verduurzaming in 2050 aanzienlijk lager zal zijn door implementatie van procesintegratie volgens de

schema's van TIJ, dan wanneer de bedrijven niet geïntegreerd zijn op proces niveau. De verschillen zijn afhankelijk van het gekozen TIJ plan. Tij_1 bespaart ruim 32 TWh, Tij_2 is 5,5 TWh zuiniger en Tij_3 is ruim 19 TWh beter dan wanneer de processen niet geïntegreerd zijn. Ter vergelijking: de recent aangekondigde kerncentrales Borsele 2 en 3 worden ontworpen voor een capaciteit van maximaal 24 TWh.

Integratie van de verschillende processen leidt dus niet alleen tot betere proces efficiëntie, maar ook tot een efficiënter gebruik van de energie die nodig is om uiteindelijk in 2050 een klimaat-neutrale en circulaire industrie te opereren in Nederland en België.

Slotconclusies

De door Denktank TIJ uitgewerkte opties voor verduurzaming van de Zeeuwse procesindustrie zijn meer toekomstgericht en leveren duidelijk betere resultaten op dan de tot nu toe gepresenteerde plannen van betrokken bedrijven DOW, Yara, ArcelorMittal en Zeeland Refinery. Het zijn echter niet noodzakelijkerwijs de beste opties die TIJ hier naar voren brengt. Er zijn meer varianten denkbaar.

Evident is dat een transitie-aanpak, die de opgaven voor reductie van de CO₂-uitstoot (klimaatdoelen) combineert met de EU-doelstellingen ten aanzien van circulariteit, veel betere resultaten oplevert. Door zo spoedig mogelijk de transitie naar circulaire en hernieuwbare grondstoffen in te zetten wordt het bereiken van de klimaatdoelstellingen voor 2050 versneld. Daarnaast leidt het gebruik van afval als grondstof ook tot verbetering van de economische resultaten en concurrentiepositie op de langere termijn voor de bedrijven.

Het inzetten op regionale integratie van processtromen (industriële symbiose) leidt tot betere uitkomsten op alle resultaatgebieden. Deze integratie zal tevens leiden tot een vermindering van de benodigde energie infrastructuur voor de toekomst. Iedere procesintegratie leidt tot dit soort symbiose effecten en ligt daarom voor de hand. Het vraagt echter een bredere kijk dan alleen het eigen bedrijf om dergelijke mogelijkheden te zien. Wanneer de bedrijven genoemd in deze studie allen onderdeel waren van hetzelfde moederconcern dan zou deze industriële symbiose bijna automatisch beschouwd worden. In de huidige situatie vereist het echter leiderschap en transparantie van de partijen om ook 'out-of-the-box' opties te beschouwen. De te realiseren voordelen zijn echter groot en justifiëren zeker de inspanningen om synergiën te onderzoeken

Bovenstaande redenen maken het wenselijk om op korte termijn de meest veelbelovende opties voor de cluster Zeeland in beeld te brengen en nader uit te werken. Een haalbaarheidsstudie, waaraan bestaande én nieuwe bedrijven meewerken, kan inzicht geven in welke strategische keuzes de beste resultaten geven voor zowel de bedrijven, voor het havenbedrijf, en voor Vlaanderen en Zeeland. Het uitsluitend beschouwen van de 'kortetermijn doelstellingen', de klimaatdoelen voor 2030, zonder tegelijkertijd te werken aan de circulariteitsdoelstellingen kan leiden tot een suboptimaal inzetten van zowel publieke middelen als bedrijfsinvesteringen. Deze studie laat zien dat er betere en snellere resultaten bereikt kunnen worden door industriële symbiose en gebruik van circulaire grondstoffen.

Overzicht bijlagen

- 1 *Gebruikte prijzen voor grondstoffen, producten en utiliteiten*
- 2 *Investeringen voor Plan Tij_1, Plan Tij_2 en Plan Tij_3*
- 3 *Gebruikte input voor de modelering van massa- en energiebalansen*
- 4 *Gebruikte aannames operatie van bedrijven.*
- 5 *CO₂ Emissie per bedrijf*
- 6 *Rentabiliteit van de bedrijven voor de verschillende plannen*
- 7 *Detail stroomschema's van plannen TIJ.*
- 8 *Kostprijs hoofdproducten voor de 4 scenario's*
- 9 *Revisie geschiedenis van dit document*

Bijlage 1: Gebruikte prijzen voor grondstoffen, producten en utiliteiten in modellering

Product	Unit	Market price	Intercompany transfer price			Reference	Remarks / Calculation basis
Plastic Waste	USD/Ton	270				Euro Stat	
Agri Afval (GFT)	USD/Ton	90				AD	
Crude oil	USD/vat	78				Trading Economics	https://tradingeconomics.com/commodity/eu-natural-gas
	USD/Ton	574					
Nafta	USD/Ton	727	654			Trading Economics	https://tradingeconomics.com/commodity/eu-natural-gas
Diesel	USD/Ton	1,130				Platts	
Heavy Fuel Oil	USD/Ton	532				R'dam Bunker Prices	https://shipandbunker.com/prices/emea/nwe/nl-rtm-rotterdam
Benzene	USD/Ton	1,240				Platts	
Butadiene	USD/Ton	645				Platts	
Kero	USD/Ton	1,131				Platts	
Ethylene	USD/Ton	1,226				Platts	
Propylene	USD/Ton	916				Platts	
Butenes	USD/Ton	936				Platts	
Dutch Natural Gas	USD/Ton	787					
	EUR/MWh	48				Trading Economics	https://tradingeconomics.com/commodity/eu-natural-gas
Ethane	USD/Ton	1,080				Platts	
Propane	USD/Ton	236				Trading Economics	https://tradingeconomics.com/commodity/eu-natural-gas
Pyro oil	USD/Ton	919				Calculation	Percentage products * Product Price + 50 conv. costs
Pyro Rich gas	USD/Ton	177				Calculation	Propane price - 25%
Methanol	USD/Ton	386				Trading Economics	https://tradingeconomics.com/commodity/eu-natural-gas
Pyro Gas		Tij_1 / 3	Tij_1	Tij_2	Calculation	(Percentage H2/CH4 * Methane price + Percentage rest * Propane price)-20%	
		to ZR	to Dow	to Dow			
	% H2/CH4	39%	66%	38%			
	USD/Ton	400	550	400			
Oxygen	USD/Ton	180				Platts	
Steam	USD/Ton	10				Assumption	
Water/Condensate	USD/Ton	8				Assumption	
Hydrogen	USD/Ton	1,903				Calculation	Methane price *16/8 + 44/8 CO2 to CCS cost +50 conv. costs
Methane	USD/Ton	787	708			DNG price	
Ammonia	USD/Ton	1,250				Platts	
Asfalt / Ashes	USD/Ton	100				Assumption	
Water treatment cost	USD/Ton	0.10				Assumption	
Raw Steel	USD/Ton	623				Trading Economics	
Scrap steel	USD/Ton	88				Assumption	
Slag	USD/Ton	5				Trading Economics	
Coal	USD/Ton	123				Trading Economics	
Iron ore	USD/Ton	130				Trading Economics	
Lime	USD/Ton	188				Trading Economics	
CO2 to CCS cost	USD/Ton	60				Assumption	
CO2 to customer	USD/Ton		(10)			Calculation	50 USD productie cost minus 'CO2 to CCS cost'
CO2 Emission Rights	USD/Ton	70				Trading Economics	https://tradingeconomics.com/commodity/eu-natural-gas
Power	USD/MWh	50				Trading Economics	

De prijzen in gele cellen zijn de ingevoerde waarden; de prijzen in witte cellen zijn berekende prijzen.

Bijlage 2: Investerings voor Plan Tij_1, Plan Tij_2 en Plan Tij_3

[in miljoen USD]		Tij_1		Tij_2		Tij_3	
		# of Units	USD	# of Units	USD	# of Units	USD
PyroCo							
Plastic Pyrolysis Units	# of units	30	3,552	22	2,640	22	2,640
Biomass Pyrolysis Units	# of units	9	1,110				
Biomass Gasification Units	# of units			7	2,600	7	2,600
Purifier	# of units	2	150	2	150	2	150
WGS Reactor	# of units	3	225	3	225	3	225
Methanol Plant	# of units			3	969	3	1,050
Methanol storage and shipment	# of units			1	50	1	50
CO2 Capture and Storage Unit	# of units	1	100				
Pyro Gas Pipeline to Dow	km	5	15				
Pyro Gas Pipeline to ZR	km	5	15			5	15
Pyro Gas Pipeline to LHC 2/3	km			5	15		
Pyro Oil pipeline to ZR	km	5	15			5	15
Pyro Oil pipeline to ZR under river	km			15	150		
Methanol pipeline to Dow	km			2	6	2	6
CH4 Offgass pipeline to Dow	km			5	15		
CH4 Offgass pipeline to ArcelorM	km					30	90
Tar Storage and Shipment	# of units	2	100	2	100	2	100
Land	hectares	300	36	300	36	300	36
Site Infrastructure	USD		150		150		150
	Total:		5,468		7,106		7,127
Zeeland Refinery							
New Gasplant	# of units	1	150			1	-
Extra H2- plant (SMR)	# of units	1	700			1	700
CO2 Capture and Storage Unit	# of units	1	100	1	100	1	100
H2 pipeline to Dow under river	km	15	150			15	150
H2 pipeline from Dow to Yara	km	10	30				
H2 pipeline from Dow to ArcelorM	km					30	300
LPG pipelines to Dow under river	km	15	150			15	150
Site Infrastructure	USD		150		50		150
	Total:		1,430		150		1,550
Dow Terneuzen							
Modification furnaces LHC_1	# of furnaces	16	12				
Modification furnaces LHC_2	# of furnaces	16	12	12	9	12	9
Modification furnaces LHC_3	# of furnaces	11	8	6	5	6	5
H2 Plant (POX)	# of units	1	1,000	1	1,000	1	1,000
MTO Plant	# of units			2	700	2	700
C2/C3-splitter	# of units			1	100	1	100
CO2 Capture and Storage Unit	# of units	1	100	1	100	1	100
H2 pipeline to PyroCo	km	5	15	5	15	5	15
H2 pipeline to MeOH plant	km			4	12	4	12
CO2 pipeline to Yara	km	12	36				
Site Infrastructure	USD		150		150		150
Water treatment plant	# of units			1	100	1	100
Demolition LHC_1				1	50	1	50
	Total:		1,333		2,241		2,241
Yara Sluiskil							
Site Infrastructure	USD		20				
	Total:		20				
ArcelorMittal							
DRI Shaft Reactors + EAF	# of units					5	2,200
Bio-methane pipelin from SFP BV	km					10	30
Site Infrastructure	USD						250
	Total:						2,480
Windpark Offshore							
for PyroCo	# of 20 MW turbines	212	5,631	252	6,676	202	5,374
	Total:		5,631		6,676		5,374
	Grand total:		13,882		16,172		18,771

Bijlage 3: Gebruikte data voor massa- en energiebalansen

Conversion yields

Low_T Pyrolyse		High_T Pyrolyse		Gasification	
Unit size	Total feed	Unit size	Total feed	Unit size	Total feed
250,000	250,000	250,000	272,500	400,000	440,000
Feedstock		Steam/Biomass feed ratio		Oxygen/Biomass feed ratio	
Plastic Waste	250,000	9%		10%	
		Biomass	250,000	Biomass	400,000
		Steam	22,500	Oxygen	40,000
Producten		Producten		Producten	
	[Wt%] [Ton/jr/unit]		[Wt%] [Ton/jr/unit]		[Wt%] [Ton/jr/unit]
Pyrolysis Fuelgas	30% 73,500	100% 272,500	95% 418,000		
H2	8% 6,000	4% 10,900	5% 20,900		
Methaan	30% 22,500	7% 19,075	5% 20,900		
Ethaan	12% 9,000	3% 8,175	0%		
Ethyleen	30% 22,500	2% 5,450	0%		
Propaan	8% 6,000	2% 5,450	0%		
Propyleen	10% 7,500	1% 2,725	0%		
butylenes	0%	0%	0%		
Benzeen	0%	0%	0%		
CO	0%	33% 89,925	42%	175,560	
CO2	0%	47% 128,075	46%	192,280	
S/P/N-cont.compounds	0%	1% 2,725	2%	8,360	
Pyrolysis Olie	65% 162,500	0% -	0% -		
Nafta	40% 65,000				
Kerosine	30% 48,750				
Diesel	30% 48,750				
Rest Product	5% 625	5% 681	5% 19,000		
Asfalt	5% 625	0%			
Ashes	0%	5% 681	5%	19,000	
MeOH Plant		Methanol-to-Olefins Plant (MTO)			
Unit size	Total feed	Unit size	Total feed		
1,350,000	1,353,682	500,000	2,100,000		
Feedstock		Feedstock			
	[Ton/jr/unit]	Methanol [Ton/jr/unit]			
CO	567,000	2,100,000			
CO2	621,000				
H2	165,682				
Producten		Producten			
Methanol	86% 1,160,698	Ethylene	24%	499,800	
Water	14% 192,984	Propylene	19%	399,000	
		Butylenes	2%	42,000	
		Water	56%	1,182,300	

Average Steam Cracker cracking yields

	Circular Naphta	Rich gas / LPG
Cracker fuelgas	15%	10%
waarvan H2	4%	5%
Ethyleen	35%	65%
Propyleen	15%	10%
Butadieen	4%	1%
Mixed butenes	6%	2%
Benzeen	13%	0%
Others	12%	11%

Refinery Yields

Refinery fuelgas	6%
LPG	4%
Gasoline / Naphta	46%
Diesel	30%
Kero	10%
Heavy fuel oil	3.2%

Referentie: US EIA; https://www.eia.gov/dnav/pet/PET_PNP_PCT_DC_NUS_PCT_A.htm

Energy balance data

Energy Intensity

	GJ/Ton feed	
Gasifier	8.00	
Low_T Pyrolyses	14.50	
Hi_T Pyrolysis	10.00	
Steam cracking	[GJ/ton HVC]	14.50

Overige data gebruikt voor energiebalansen

	Unit	Heating values	Mol.Weight
Waterstof	MJ/kg	121	2
Methaan	MJ/kg	55.5	16
Ethaan	MJ/kg	51.9	30
Propaan	MJ/kg	50.4	44
Carbonmonoxide	MJ/kg	10.1	28
CO2	MJ/kg	0.0	44
Biomass	MJ/kg	19.0	

Bijlage 4: Gebruikte aannames operatie bedrijven.

Target production rates

Ethylene LHC_1 Ton/jr	550,000
Ethylene LHC_2 Ton/jr	550,000
Ethylene LHC_3 Ton/jr	600,000
Ammonia Yara Ton/jr	1,800,000
Feed Refinery capacity Ton/jr	10,500,000
Ruw Staal productie AM Ton/jr	5,000,000

CO2 Emissies

Zeeland Refinery		Procesinstallaties	Waterstoffabrieken
Uitstoot 2020	Ton/jr	1,571,000	700,000
Plan 2030 CO2 to CCS	Ton/jr	855,000	
Plan 2030 Proces optimalisatie	Ton/jr	-	
CO2 reductie bij zwavelvrije voeding	kg/Ton feed	5.16	Uitgaande van 1.5% zwavel in crude oil

Dow Benelux

Uitstoot 2020	Ton/jr	4,125,033
Plan 2030 CO2 to CCS	Ton/jr	1,700,000
Benodigde oxygen hiervoor	Ton/jr	618,182
Benodigde stoom hiervoor	Ton/jr	695,455
Plan 2030 Proces optimalisatie	Ton/jr	300,000

Yara Sluiskil

Yara Sluiskil		Overige installatie emissies	Ammoniak fabrieken	
			NH3-plants emissies	Rookgas uitstoot Ammoniak Productie
Uitstoot 2020	Ton/jr	3,447,253		
		503,589	2,943,664	851,398
Captive Use CO2 door Yara	Ton/jr	1,143,000	CO2 Recovery verliezen	
				340,559
Plan 2030 CO2 to CCS	Ton/jr	834,240	114,637	
Plan 2030 Proces optimalisatie Site	Ton/jr	500,000		
Plan 2030 Proces optimalisatie NH3	Ton/jr	200,000		
			Aardgas verbruik	
			123,840	185,760

Captive Use CO2 by Yara

CO2 for Ureum	Ton/jr	753,000
CO2 for WarmCo	Ton/jr	347,000
CO2 as product sales	Ton/jr	43,000
Total		1,143,000

Geplande investeringen voor 2030

(in miljoen USD)		Plan 2030
Dow Terneuzen		1,100
H2 Plant POX	1	1,000
CO2 Capture and Storage Unit	1	100
Zeeland Refinery		100
CO2 Capture and Storage Unit	1	100
Yara		100
CO2 Capture and Storage Unit	1	100
ArcelorMittal		1,240
DRI Process + 2 EAF	2,5 Mton/jr	1,210
Biomass feeding	1	30

Bijlage 5: CO2 Emissies per bedrijf

Data en aannames voor CO2 Emissieberekeningen

Scope 3 Emission factors

Fuels	Ton/Ton	3.2	Rijdsdienst voor Ondernemers; https://english.rvo.nl/sites/default/files/2020/03/The-Netherlands-list-of-fuels-version-January-2020.pdf
Plastics	Ton/Ton	2.7	Europa.eu ; https://www.eionet.europa.eu/products/file
Fertilizers	Ton/Ton	6.1	IPPC guidance Tier 1 : 1.25% for fertilizers as N2O-N emissions and 310 to convert to CO2-eq
Biomassa	Ton/Ton	1.5	Gebaseerd op percentage "C" in biomassa

Product gebruik locatie/ Scope 3 Emissie locatie

	Zeeland Refinery	Dow Terneuzen	Yara Sluiskil
Nederland	75%	15%	15%
Buitenland	25%	85%	85%

CO2 Emissies per bedrijf

CO2 Productie en emissies [Ton/jr]	Scope_1 CO2-emissies					Scope_3 CO2-emissies		
	CO2 Productie	Intern gebruik / Verkoop	naar CCS	naar atmosfeer	Vereiste ETS emissie-rechten	Door gebruik / 'End-of-Life'	Waarvan emissie in NL	Waarvan emissie in buitenland
PyroCo								
Plan 2030								
Plan Tij_1	3,631,787		3,631,787		-			
Plan Tij_2	-		-		-			
Plan Tij_3	-		-		-			
Zeeland Refinery								
Plan 2030	1,571,000		855,000	716,000	716,000	31,483,200	23,612,400	7,870,800
Plan Tij_1	2,797,653		2,117,673	679,981	679,981	10,631,631	7,973,723	2,657,908
Plan Tij_2	1,261,459		563,893	697,566	697,566	20,763,920	15,572,940	5,190,980
Plan Tij_3	2,482,702		1,793,473	689,229	689,229	16,014,449	12,010,837	4,003,612
Dow Terneuzen								
Plan 2030	3,825,033		1,700,000	2,125,033	2,125,033	9,090,900	1,363,635	7,727,265
Plan Tij_1	3,307,839	1,143,388	339,418	2,125,033	2,968,421	8,861,482	1,329,222	7,532,260
Plan Tij_2	4,063,382		2,238,349	2,125,033	1,825,033	9,183,768	1,377,565	7,806,203
Plan Tij_3	3,952,436		1,827,403	2,125,033	2,125,033	8,997,549	1,349,632	7,647,917
Yara Sluiskil								
Plan 2030	2,947,252	1,143,388	834,240	969,624	2,113,012	11,451,734	1,717,760	9,733,974
Plan Tij_1	458,785			458,785	458,785	11,451,734	1,717,760	9,733,974
Plan Tij_2	2,947,252	1,143,388	834,240	969,624	2,113,012	11,451,734	1,717,760	9,733,974
Plan Tij_3	2,947,252	1,143,388	834,240	969,624	2,113,012	11,451,734	1,717,760	9,733,974
Arcelor Mittal								
Plan 2030	3,175,000	-	-	3,175,000	3,175,000	-	-	-
Plan Tij_1	3,175,000	-	-	3,175,000	3,175,000	-	-	-
Plan Tij_2	3,175,000	-	-	3,175,000	3,175,000	-	-	-
Plan Tij_3	150,000	-	-	150,000	150,000	-	-	-
Zeeland Totaal / NSP								
Plan 2030	11,518,285	1,143,388	3,389,240	6,985,657	8,129,045	52,025,834	26,693,795	25,332,039
Plan Tij_1	13,371,064	1,143,388	6,088,877	6,438,799	7,282,187	30,944,847	11,020,706	19,924,141
Plan Tij_2	11,447,093	1,143,388	3,636,482	6,967,223	7,810,611	41,399,422	18,668,265	22,731,157
Plan Tij_3	9,532,389	1,143,388	4,455,115	3,933,886	5,077,274	36,463,732	15,078,229	21,385,503

Bijlage 6: Rentabiliteit van de bedrijven voor de verschillende plannen

Aannames gebruikt voor rentabiliteitsberekeningen

OPEX expenses

Asset Value LHC_1	800	in miljoen USD
Asset Value Yara Hydrogen Plants	450	in miljoen USD
Asset Value Yara Ammonia Plants	900	in miljoen USD
Asset Value ZR Process_1 + HPU's	1,000	in miljoen USD
Annual Maintenance	3.0%	as percentage of Replacement Asset Base
Other OPEX	1.0%	as percentage of Replacement Asset Base

Depreciation

Depreciation 6.67% 15 jaar

Rentabiliteit per bedrijf:

PyroCo

Volumes in Ton/jaar; Costs in Miljoen USD/jaar

Feed	Tij_1		Tij_2		Tij_3	
	Volume	Cost	Volume	Cost	Volume	Cost
Plastic Waste	7,400,000	1,994.30	5,500,000	1,482.25	5,500,000	1,482.25
Organic Waste	3,700,000	333	2,600,000	234	2,600,000	234
Hydrogen	-	-	217,360	414	217,360	414
Oxygen	-	-	260,000	47	260,000	47
Steam	766,641	8	806,949	8	806,949	8
Total		2,335		2,185		2,185

Products	Tij_1		Tij_2		Tij_3	
	Volume	Return	Volume	Return	Volume	Cost
Pyrolysis Gas	2,175,600	869	1,617,000	646	1,617,000	646
Pyrolysis Oil	4,810,000	4,421	3,575,000	3,286	3,575,000	3,286
Pyro Gas	648,456	733	-	-	-	-
Methanol	-	-	2,434,432	939	2,434,432	939
Methane	-	-	149,435	106	181,982	129
Total		6,023		4,977		5,000

Utilities	Tij_1		Tij_2		Tij_3	
	Volume	Cost	Volume	Cost	Volume	Cost
Power [GWh]	15,235	762	18,167	908	14,513	726
Hydrogen	464,074	883	85,950	164	194,646	370
Total		1,645		1,072		1,096

Environmental Costs	Tij_1		Tij_2		Tij_3	
	Volume	Cost	Volume	Cost	Volume	Cost
CO2 to CCS	3,631,787	218	-	-	-	-
CO2 Emission rights	-	-	-	-	-	-
WW treatment	-	-	1,369,368	0	1,369,368	0
Total		218		0		0

Other OPEX	Tij_1		Tij_2		Tij_3	
	Cost	Cost	Cost	Cost	Cost	Cost
Labour	19	19	19	19	19	19
Maintenance	164	213	213	214	214	214
Other OPEX	55	71	71	71	71	71
Depreciation	365	474	474	475	475	475
Total		602		777		779

Gross Margin 1,223 944 941

Zeeland Refinery

Volumes in Ton/jaar; Costs in Miljoen USD/jaar

Feed	2030 Plans		Tij_1		Tij_2		Tij_3	
	Volume	Cost	Volume	Cost	Volume	Cost	Volume	Cost
Crude Oil	10,500,000	6,031	3,514,400	2,019	6,925,000	3,978	5,308,000	3,049
Pyro Oil			4,810,000	4,421	3,575,000	3,286	3,575,000	3,286
Pyro Gas			2,175,600	869			1,617,000	646
Steam			1,498,500	15			1,113,750	11
Total		6,031		7,324		7,264		6,992

Products	2030 Plans		Tij_1		Tij_2		Tij_3	
	Volume	Return	Volume	Return	Volume	Return	Volume	Return
LPG	399,000	94	133,547	32	263,150	62	201,704	48
Naphta / Gasoline	4,861,500	3,535	1,627,167	1,183	3,206,275	2,331	2,457,604	1,787
Diesel	3,192,000	3,607	1,068,378	1,207	2,105,200	2,379	1,613,632	1,823
Kero	1,050,000	1,188	351,440	397	692,500	783	530,800	600
Heavies	336,000	179	141,853	75	221,600	118	200,775	107
Rich Gas			1,332,000	236			990,000	175
Circ. Naphta			1,924,000	1,259	1,430,000	936	1,430,000	936
Circ. Diesel			1,443,000	1,631	1,072,500	1,212	1,072,500	1,212
Circ Kero			1,443,000	1,632	1,072,500	1,213	1,072,500	1,213
Hydrogen			510,600	972			379,500	722
Total		8,602		8,624		9,034		8,624

Utilities	2030 Plans		Tij_1		Tij_2		Tij_3	
	Volume	Cost	Volume	Cost	Volume	Cost	Volume	Cost
Refinery Fuelgas	661,500	380	661,500	461	661,500	458	661,500	441
Hydrogen		-		-		-		-
Total		380		461		458		441

Environmental Costs	2030 Plans		Tij_1		Tij_2		Tij_3	
	Volume	Cost	Volume	Cost	Volume	Cost	Volume	Cost
CO2 to CCS	855,000	51	2,117,673	127	563,893	34	1,793,473	108
CO2 Emission rights	716,000	50	679,981	48	697,566	49	689,229	48
WW treatment								
Total		101		175		83		156

Other OPEX	2030 Plans	Tij_1	Tij_2	Tij_3
	Cost	Cost	Cost	Cost
Labour	19	20.63	18.75	20.63
Maintenance	39	79	41	83
Other OPEX	13	26	14	28
Depreciation	87	175	90	183
Total	157	301	163	314

Gross Margin	2,090	664	1,230	1,035
---------------------	--------------	------------	--------------	--------------

Dow Terneuzen

Volumes in Ton/jaar; Costs in Miljoen USD/jaar

Feed	2030 Plans		Tij_1		Tij_2		Tij_3	
	Volume	Cost	Volume	Cost	Volume	Cost	Volume	Cost
Naphta	2,600,000	1,891						
LPG	1,300,000	307						
Pyrolysis Gas					1,617,000	646		
Circ. Naphta			1,924,000	1,259	1,430,000	936	1,430,000	936
Circ. LPG								
Pyro Gas			648,456	357				
Rich Gas			1,332,000	236			990,000	175
Oxygen	618,182	111	539,061	97	406,973	73	332,255	60
Steam	695,455	7	606,444	6	915,688	9	915,688	9
Methanol					2,434,432	939	2,434,432	939
Methane					149,435	106		
Total		2,316		1,955		2,710		2,120

Products	2030 Plans		Tij_1		Tij_2		Tij_3	
	Volume	Return	Volume	Return	Volume	Return	Volume	Cost
Ethylene	1,755,000	2,152	1,772,243	2,173	1,789,395	2,194	1,789,395	2,194
Propylene	520,000	476	596,212	546	875,042	802	875,042	802
Benzene	338,000	419	250,120	310	185,900	231	185,900	231
Butadiene	117,000	75	87,658	57	60,500	39	60,500	39
Butylene	182,000	170	127,067	119	141,089	132	141,089	132
Others	455,000	242	448,730	239	349,470	186	280,500	149
Hydrogen	4,674	9	278,733	530	355,219	676	299,181	569
Total		3,544		3,974		4,259		4,116

Utilities	2030 Plans		Tij_1		Tij_2		Tij_3	
	Volume	Cost	Volume	Cost	Volume	Cost	Volume	Cost
Power [GWh]	-	-	-	-	-	-	-	-
Hydrogen	300,826	573	271,549	517	160,000	304	160,000	304
Total		573		517		304		304

Environmental Costs	2030 Plans		Tij_1		Tij_2		Tij_3	
	Volume	Cost	Volume	Cost	Volume	Cost	Volume	Cost
CO2 to CCS	1,700,000	102	339,418	20	2,238,349	134	1,827,403	110
CO2 Emission rights	2,125,033	149	2,968,421	208	1,825,033	128	2,125,033	149
Water treatment			606,444	0	1,370,585	-	1,370,585	-
Total		251		228		262		258

Other OPEX	2030 Plans	Tij_1	Tij_2	Tij_3
	Cost	Cost	Cost	Cost
Labour	34	41	38	38
Maintenance	105	112	139	139
Other OPEX	35	42	46	69
Depreciation	233	249	309	309
Total	408	444	533	556

Gross Margin	(3)	830	449	877
---------------------	------------	------------	------------	------------

Yara Sluiskil

Volumes in Ton/jaar; Costs in Miljoen USD/jaar

Feed	2030 Plans		Tij_1	
	Volume	Cost	Volume	Cost
Natural gas	650,518	512	-	-
Green Hydrogen	6,618	13	6,618	13
Hydrogen			325,259	619
Total		524		632

Products	2030 Plans		Tij_1	
	Volume	Return	Volume	Return
Ammonia	1,880,637	2,350.80	1,880,637	2,350.80
Total		2,351		2,351

Utilities	2030 Plans		Tij_1	
	Volume	Cost	Volume	Cost
Aardgas	309,599	244	123,840	97
Hydrogen		-	-	-
Total		244		97

Environmental Costs	2030 Plans		Tij_1	
	Volume	Cost	Volume	Cost
CO2 to CCS	843,000	51	-	-
CO2 Emission rights	2,113,012	148	458,785	32
Water treatment			-	-
Total		198		32

Other OPEX	2030 Plans	Tij_1
	Cost	Cost
Labour	16	16
Maintenance	30	17
Other OPEX	10	6
Depreciation	67	67
Total	123	105

Gross Margin	1,505	1,582
---------------------	--------------	--------------

ArcelorMittal Gent

Volumes in Ton/jaar; Costs in Miljoen USD/jaar

Feed	2030 Plans		Tij_3	
	Volume	Cost	Volume	Cost
Iron ore	7,500,000	975	7,500,000	975
Lime	350,000	66	350,000	66
Coal	1,483,516	183	-	-
Scrap Steel	505,495	45	505,495	45
Natural Gas	250,000	197	-	-
Hydrogen	-	-	256,250	488
Total		1,465		1,573

Products	2030 Plans		Tij_3	
	Volume	Return	Volume	Cost
Raw Steel	5,000,000	3,113	5,000,000	3,113
Slag	450,000	2	450,000	2
Total		3,115		3,115

Utilities	2030 Plans		Tij_3	
	Volume	Cost	Volume	Cost
Aardgas	-	-	123,840	97
Process Gas	1,174,089	145	-	-
Bio-methane	-	-	181,982	129
Total		145		226

Env. Costs	2030 Plans		Tij_3	
	Volume	Cost	Volume	Cost
CO2 to CCS	-	-	-	-
CO2 Emission rights	3,175,000	222	150,000	11
Water treatment	-	-	-	-
Total		222		11

Other OPEX	2030 Plans	Tij_3
	Cost	Cost
Labour	375	375
Maintenance	150	150
Other OPEX	50	50
Depreciation	333	333
Total	908	908

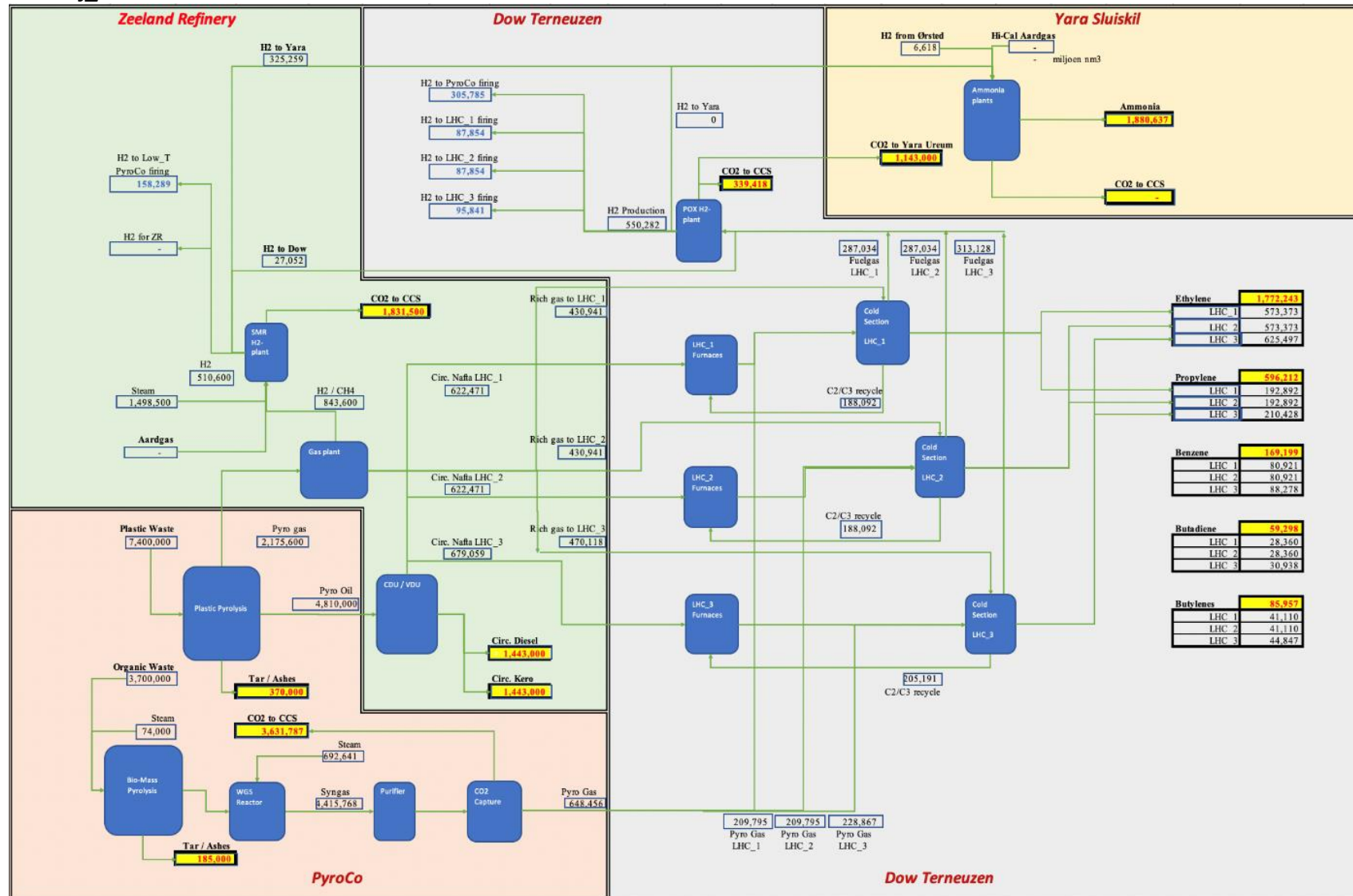
Gross Margin

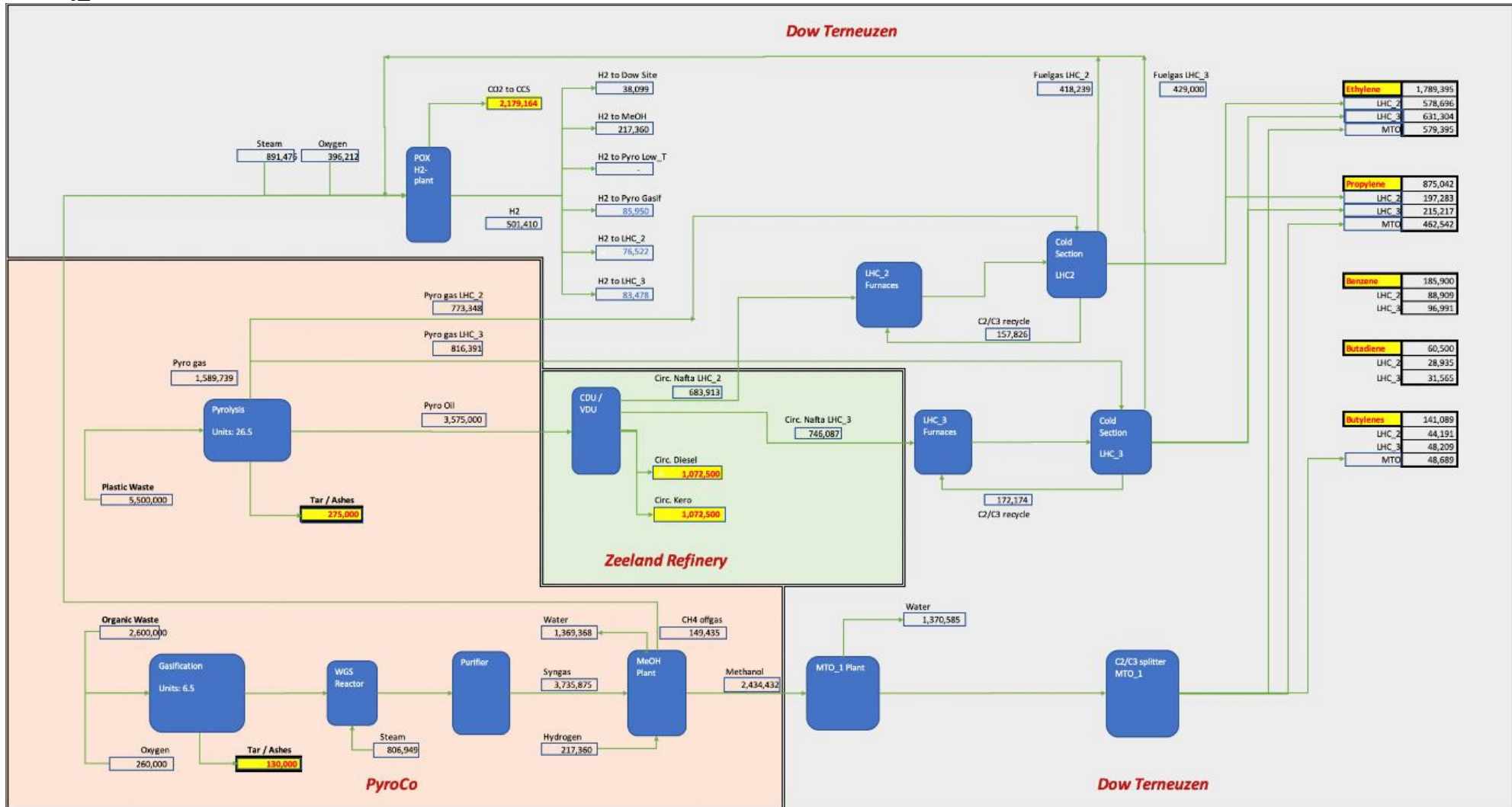
375

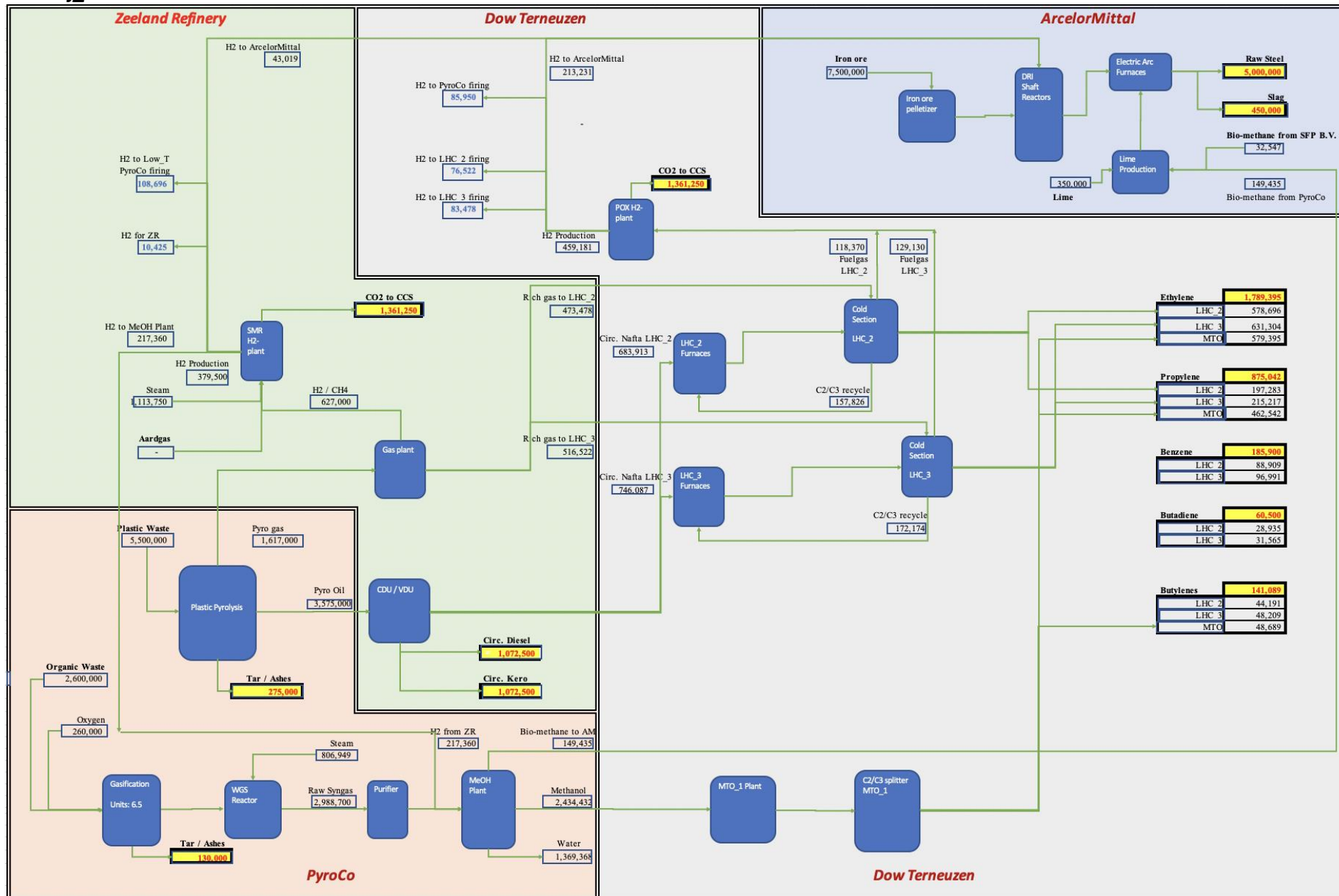
397

Bijlage 7: Detail stroomschema's van plannen TIJ

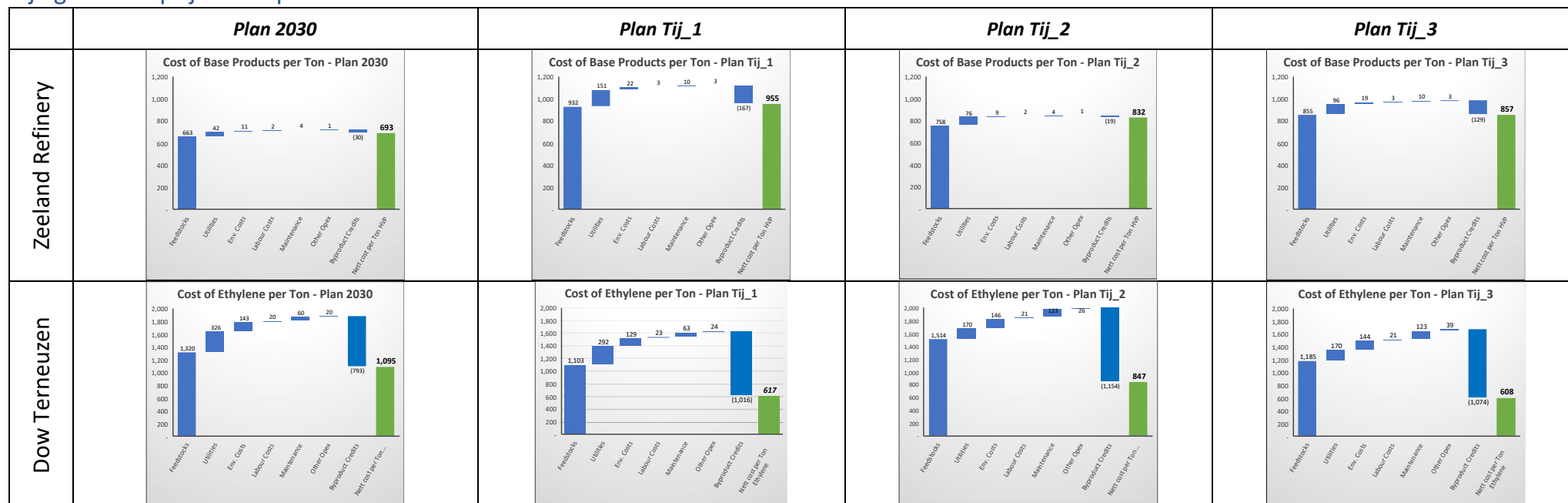
Plan Tij_1



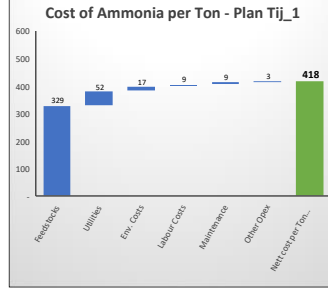
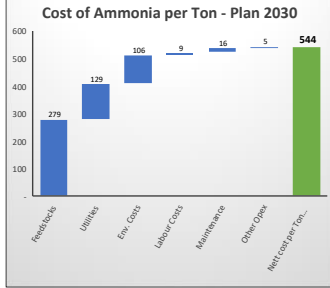




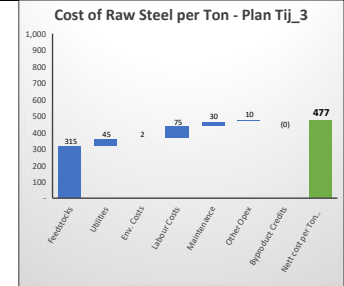
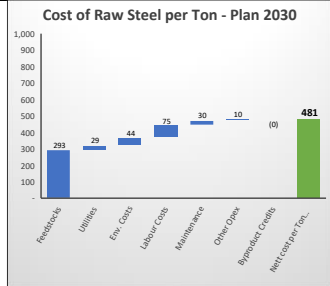
Bijlage 8: Kostprijs hoofdproducten voor de 4 scenario's



Yara Sluiskil



ArcelorMittal Gent



Bijlage 9: Revisie geschiedenis van dit document

Dit volgende revisies hebben plaatsgevonden in dit document:

Nummer	Datum	Omschrijving:	Door:	Document naam
v. 1.0	10 mei 2023	Uitgave oorspronkelijke document	Denktank Tij	Visie Zeeuwse procesindustrie – Final 20230505
v. 1.1	12 juni 2023	Correctie van enkele onjuistheden: <ul style="list-style-type: none">• Tabel 2 correctie enkele cijfers naar kTon• P.7 1^e alinea: ‘vermogen’ vervangen door “elektrische energie”	R. Adriaansens	Visie Zeeuwse procesindustrie – versie_1.1