

**Ontwikkeling energiegebruik HIC Rotterdam 2002-2020
bij lopend beleid**

R. Harmsen
A.W.N. van Dril
B.W. Daniëls
P. Kroon
A.J. Seebregts

Verantwoording

Dit project is uitgevoerd in opdracht van het programmateam R3 onder ECN-projectnummer 7.7550 in de periode juli 2003 tot en met september 2003. Dit rapport is geschreven ten behoeve van het programma R3 dat beoogt een visie te vormen over de ontwikkeling van het energiegebruik in het Rotterdamse Haven en Industrieel Complex (HIC). Dit rapport is het resultaat van Stap B van de visievorming en dient als achtergrond document voor de discussie met de in het HIC aanwezige industrieën. De hieruit voortgekomen strategische visie is verwoord in het rapport 'Laveren tussen continuïteit en vernieuwing in het Rotterdamse haven-industrieel complex: Scylla en Charibdis'. Het doel van de visie is de ontwikkeling van het HIC op een duurzame wijze in te vullen en de groei van het energiegebruik en de daaraan gerelateerde emissies zoveel mogelijk te beperken.

Abstract

The objective of this study is to sketch the business as usual development of energy production and consumption in the Rotterdam Harbour and Industrial Complex (HIC) in the period 2002-2020. Four industrial sectors have been investigated covering about 80% of all energy use in the HIC: refineries, chemical industry, utility industry (esp. joint venture CHP) and the electricity and district heating industry. Total CO₂ emissions in 2002 amount to 20.3 Mtonnes. The combination of new industrial activity and extension of existing activities are expected to result in an increase until 27.1 Mtonnes CO₂ emissions in 2010 and a further increase up to 31.3 Mtonnes in 2020. These figures include both energy efficiency improvements, an increased use of CHP and a growing role of the HIC as net electricity exporter. Results of the report are used to develop a vision of future energy use in the HIC and to identify options for further CO₂ reduction measures.

INHOUD

LIJST VAN TABELLEN	5
LIJST VAN FIGUREN	5
SAMENVATTING EN CONCLUSIE	7
1. INLEIDING	11
2. ENERGIEGEBRUIK HIC ROTTERDAM IN BASISJAAR 2002	13
2.1 Chemie	13
2.2 Raffinage	14
2.3 Joint venture WKK	14
2.4 Elektriciteit en stadsverwarming	15
2.5 Overzicht energiegebruik 2002	16
3. ONTWIKKELINGEN IN HIC ROTTERDAM 2002-2020	17
3.1 Economische groei	17
3.1.1 Groeiverwachtingen conform het Havenplan 2020	17
3.1.2 Vertaling economische groei	18
3.1.3 Ontwikkeling chemie cf. Havenplan 2020	18
3.1.4 Fysieke groei in de chemie	19
3.1.5 Ontwikkeling raffinage cf. Havenplan 2020	20
3.1.6 Ontwikkeling utilities: industriële gassen en joint venture WKK	20
3.1.7 Ontwikkeling elektriciteit en stadsverwarming	21
3.1.8 Ontwikkeling ruimtebehoefte HIC Rotterdam cf Havenplan 2020	21
3.2 Beleid	22
3.2.1 Bestaand energie- en klimaatbeleid	22
3.2.2 Emissiehandel als meest plausibele voortzetting van bestaand klimaatbeleid	22
3.2.3 Transitiebeleid	23
4. PROGNOSE ENERGIEGEBRUIK HIC ROTTERDAM 2010 - 2020	24
4.1 Chemie: prognose 2010 en 2020	24
4.2 Raffinage	26
4.2.1 Raffinage: prognose 2010	26
4.2.2 Raffinage: prognose 2020	28
4.3 Joint venture WKK	29
4.3.1 Joint venture WKK: prognose 2010	29
4.3.2 Joint venture WKK: prognose 2020	30
4.4 Elektriciteit en stadsverwarming	30
4.4.1 Elektriciteit en stadsverwarming: prognose 2010	30
4.4.2 Elektriciteit en stadsverwarming: prognose 2020	31
4.5 Overzicht energiegebruik 2002-2020	32
4.6 Ruimte voor extra CO ₂ -reductie in 2020	34
4.6.1 Restwarmte	35
4.6.2 Reststoffen	35
4.6.3 Stoomnetwerken	36
4.6.4 Methanolketen	36
4.6.5 Waterstofketen	37
4.6.6 Decentrale conversie van energie	37
4.6.7 Agro-industriële combinatie	37
4.6.8 Herinrichting bestaand gebied	37
4.6.9 Maasvlakte 2	37
4.6.10 PV-systemen	38
4.6.11 CO ₂ -netwerk	38

4.6.12	Overzicht opties voor extra CO ₂ -reductie in 2020	39
	REFERENTIES	41

LIJST VAN TABELLEN

Tabel 1.1	<i>Overzicht prognose energiegebruik chemie, raffinage, joint venture WKK, elektriciteitsproductie en stadsverwarming HIC Rotterdam 2002-2020</i>	8
Tabel 2.1	<i>Energiegebruik chemie HIC (inclusief sector industriële gassen) 2002</i>	13
Tabel 2.2	<i>Energiegebruik raffinage HIC 2001/2002</i>	14
Tabel 2.3	<i>Joint venture WKK in het HIC</i>	15
Tabel 2.4	<i>Energie-inzet en -productie sector joint venture WKK HIC 2002</i>	15
Tabel 2.5	<i>Energie-inzet en -productie sector elektriciteit en stadsverwarming HIC 2002</i>	15
Tabel 2.6	<i>Overzicht energiegebruik chemie, raffinage, joint venture WKK, elektriciteitsproductie en stadsverwarming HIC Rotterdam 2002</i>	16
Tabel 3.1	<i>Groei toegevoegde waarde (in % per jaar) industrie HIC</i>	18
Tabel 3.2	<i>Groei cijfers chemie: GC-scenario, Referentieraming, realisaties</i>	19
Tabel 4.1	<i>Prognose energiegebruik chemie (incl. industriële restgassen) HIC 2002-2020</i>	26
Tabel 4.2	<i>Prognose energiegebruik raffinage HIC 2002-2010</i>	27
Tabel 4.3	<i>Prognose energiegebruik raffinage HIC 2002-2020</i>	29
Tabel 4.4	<i>Prognose energiegebruik joint venture WKK HIC 2002-2010</i>	29
Tabel 4.5	<i>Prognose energiegebruik joint venture WKK HIC 2002-2020</i>	30
Tabel 4.6	<i>Prognose energiegebruik sector elektriciteit en stadsverwarming HIC 2002-2010</i>	31
Tabel 4.7	<i>Prognose energiegebruik sector elektriciteit en stadsverwarming HIC 2002-2020</i>	32
Tabel 4.8	<i>Overzicht prognose energiegebruik chemie, raffinage, joint venture WKK, elektriciteitsproductie en stadsverwarming HIC Rotterdam 2002-2020</i>	33
Tabel 4.9	<i>Opties voor extra CO₂-reductie in 2020</i>	40

LIJST VAN FIGUREN

Figuur 3.1	<i>Prognose goederenoverslag Verkenningen 2020</i>	17
------------	--	----

SAMENVATTING EN CONCLUSIE

Het programma R3 -een voortzetting van Energie Rijnmond, INES Mainport en Duurzaam Rijnmond- beoogt een visie te vormen over de ontwikkeling van het energiegebruik in het Rotterdamse Haven en Industrieel Complex (HIC). HIC Rotterdam is geselecteerd als experimenteerruimte om de transitie van het huidige energiesysteem, gebaseerd op fossiele energie, naar een toekomstig energiesysteem in 2020, dat schoonfossiel en zo duurzaam mogelijk moet zijn, te verkennen. Het lange termijn doel van R3 is het realiseren van een duurzame energiehuishouding in 2050.

Het doel van dit onderzoek is het programmateam R3 een beeld te verschaffen van de te verwachten ontwikkeling van het energiegebruik en CO₂-emissies in HIC Rotterdam in de periode 2002-2020 bij lopend beleid. De economische visie in het Havenplan 2020 vormt hierbij het uitgangspunt. Bovendien is de studie er op gericht een inschatting te geven van de CO₂-reductie die in 2020 gerealiseerd zou kunnen worden met opties die vallen onder de voor het HIO gedefinieerde transitithema's.

De prognose van het energiegebruik beperkt zich tot de volgende sectoren die samen ongeveer 80% van het energiegebruik in het HIC dekken:

- chemie (inclusief industriële gassen)
- raffinage
- joint venture WKK
- elektriciteit en stadsverwarming.

De belangrijkste veronderstellingen die aan de prognose ten grondslag liggen zijn de volgende:

- De raffinage blijft ook in de toekomst een sterke invloed op de chemie in het HIC houden. Daarbij gaat het om de verwachte groei van bestaande spin-off van de olieraffinage (o.a. aromaten) alsmede om activiteiten gelieerd aan restproducten (o.a. benzeen) van de raffinage.
- Uitbreiding secundaire raffinagecapaciteit (vanwege milieunormen en verwerking van zware residuen tot hoogwaardige producten), geen uitbreiding primaire capaciteit.
- Afvlakking groei autobrandstoffen, shift van benzine naar diesel.
- De vraag naar diesel voor vrachtwagens en de vraag naar kerosine blijft groeien.
- De verwachte doorzetgroei van de raffinage tussen 2010-2020 bedraagt 5%.
- Er komt geen nieuwe capaciteit voor eerstelijns basischemicaliën (ethyleen, methanol, ammoniak).
- Concentratie chloorproductie in het HIC.
- Lichte groei van de fijnchemie.
- Joint venture WKK-vermogen groeit van 200 MW_e in 2002 naar 1570 MW_e (inclusief Rijnmond Energie) in 2020.
- Kolengestookte Maasvlakte centrales zijn in 2020 nog in bedrijf.
- Inzet biomassa voor elektriciteitsopwekking verdubbelt, o.a. door bouw 50 MW_e wervelbedverbrander.
- Stadsverwarmingseenheden blijven doordraaien.
- Bouw van twee nieuwe hoog efficiënte STEG-centrales voor elektriciteitsproductie.
- Lopend beleid: Benchmark convenant, MJA-2, Kolenconvenant, emissiehandel, verguningsbeleid, REB, MEP, EIA, aanscherping brandstofeisen.

Prognose 2002-2020

Verwacht wordt dat zowel de elektriciteitsconsumptie als de totale warmtevraag in het HIC met ongeveer 50% zullen stijgen in de periode 2002-2020. In deze periode groeit de rol van het HIC als netto exporteur van elektriciteit sterk. In 2002 bedroeg deze netto 'export' 30 PJ_e, terwijl die in 2020 stijgt naar bijna 82 PJ_e.¹ De totale CO₂-uitstoot stijgt eveneens met 50% van 20 tot 31 Mton. Indien alleen de CO₂-emissie t.b.v. finaal energiegebruik wordt beschouwd en gecorrigeerd wordt voor de netto elektriciteitsexport dan bedragen de cijfers respectievelijk 14 Mton (2002) en 21 Mton (2020).

Tabel 1.1 *Overzicht prognose energiegebruik chemie, raffinage, joint venture WKK, elektriciteitsproductie en stadsverwarming HIC Rotterdam 2002-2020*

	2002	2010	2020
Elektriciteitsconsumptie [PJ _e]	19,7	26,1	29,5
w.v. uit WKK	16,5	41,7	51,1
Netto levering door (+) of aan (-) derden (a)	3,3	-15,6	-21,6
Elektriciteitsproductie door sector elektriciteit en stadsverwarming [PJ _e] (b)	33,4	46,4	60,1
Netto export elektriciteit door de sectoren [PJ _e] (b - a)	30,1	62,0	81,7
Stoom- en ondervuringsvraag [PJ _{th}]	153,7	198,2	229,2
w.v. uit WKK	48,0	57,7	69,5
w.v. uit ketels	105,7	140,4	159,7
Warmteproductie door sector elektriciteit en stadsverwarming [PJ _{th}]	7,5	7,5	7,5
Energetisch verbruik brandstoffen inclusief inzet WKK [PJ _p]			
Aardgas	86,0	180,3	236,3
Olie	158,3	185,0	202,0
Kolen	62,9	61,0	61,1
Overig w.o. biomassa	7,0	8,9	11,5
Totale CO ₂ -emissie [Mton]	21,0	27,8	32,0
w.v. CO ₂ -emissie t.b.v. finaal energiegebruik ¹⁾ [Mton]	14,1	18,3 ²⁾	20,7 ²⁾

¹⁾ i.e. gecorrigeerd voor netto export elektriciteit.

²⁾ waarbij besparing door WKK evenredig toegerekend aan elektriciteit en warmte.

De in de tabel genoemde cijfers voor 2020 zijn inclusief een aantal CO₂-emissieverminderende ontwikkelingen:

- Een CO₂-reductie van 0,3 Mton door efficiencyverbeteringen en besparingen op elektriciteit.
- Efficiencyverbeteringen en besparing op brandstof: CO₂-reductie 1,5 Mton.
- Een CO₂-emissiereductie van 0,3 Mton door inzet extra WKK in de periode 2002-2020.
- Extra inzet van biomassa na 2002: reductie van 0,4 Mton.

Dit betekent dat door lopend beleid en autonome ontwikkelingen de vermeden uitstoot van CO₂ in 2020 in totaal 2,5 Mton bedraagt. Hiervan is ca. 2 Mton gerelateerd aan finaal energiegebruik in het HIC.

De bandbreedte van de totale emissie bedraagt voor 2020 24-33 Mton. Deze relatief grote bandbreedte wordt voor een belangrijk deel verklaard door de lange tijdshorizon en daaraan gerelateerde onzekerheid m.b.t. bijvoorbeeld het continueren van de inzet van de twee Maasvlakte

¹ Export is hier in strikte zin niet het juiste woord. De resultaten beperken zich tot vier sectoren in het HIC. De in deze studie niet onderzochte sectoren die ook in het HIC vertegenwoordigd zijn (overige industrie, huishoudens, transport) consumeren ook elektriciteit, waardoor de feitelijke export uit het HIC naar elders kleiner is.

centrales na 2020. De uitkomsten in de tabel kunnen gezien worden als de meest waarschijnlijke prognose bij gegeven verwachtingen wat betreft beleid en marktontwikkelingen.

Mogelijkheden voor extra CO₂-reductie in 2020

Naast de prognose van het energiegebruik in 2020 bij lopend beleid is in deze studie een inschatting gegeven van de mogelijkheden voor extra CO₂-reductie door aanvullend beleid. Gekeken is naar mogelijkheden die passen binnen de elf in het kader van duurzaam Rijnmond gedefinieerde transitiethema's. Geschat wordt dat de extra reductie vooral te halen valt d.m.v. industriële restwarmtebenutting, uitbreiding van bestaande en aanleg van nieuwe stoomnetwerken, de toepassing van industriële warmtepompen en een duurzame invulling van de tweede Maasvlakte. Bij herinrichting van bestaand gebied vormen genoemde thema's een belangrijke invulling van de mogelijkheden. De gezamenlijke reductie in 2020 bedraagt globaal 2 Mton. Ongeveer de helft hiervan betreft directe emissiereductie gerelateerd aan finaal energiegebruik in het HIC. De resterende reductie vindt vooral buiten het HIC plaats.

Voor de andere thema's is het zeer moeilijk binnen het kader van deze studie een inschatting te geven van de te behalen reductie in 2020. Het verdient aanbeveling hiervoor aanvullend onderzoek te verrichten.

Conclusie

Het logistieke voordeel van het HIC vormt samen met de beschikbaarheid van ruimte een belangrijke pijler voor de uitbreiding van bestaande en vestiging van nieuwe bedrijvigheid in het gebied. Juist door invulling van nog beschikbare ruimte en efficiënter gebruik van bestaande bedrijventerreinen zal het verbruik van elektriciteit en stoom in de periode tot 2020 naar verwachting met ongeveer 50% stijgen, terwijl de productie van elektriciteit in de regio in dezelfde periode meer dan verdubbelt. Als gevolg van deze groei in bedrijvigheid zal ook de uitstoot van CO₂ met ca. 50% toenemen. Zonder, deels autonome, deels beleidsgeïnduceerde, efficiencyverbeteringen en besparingsmaatregelen zal deze toename naar schatting 65% bedragen. Op basis hiervan kan geconcludeerd worden dat het lopend beleid een belangrijke bijdrage levert aan het beperken van de groei. Uitbreiding van de, vaak energie-intensieve, activiteiten in de regio gaat echter hoe dan ook gepaard met groei van het energiegebruik. Door inzet van aanvullend beleid valt hier deels op te anticiperen.

1. INLEIDING

Het programma R3 -een voortzetting van Energie Rijnmond, INES Mainport en Duurzaam Rijnmond- beoogt een visie te vormen over de ontwikkeling van het energiegebruik in het Rotterdamse Haven en Industrieel Complex (HIC). HIC Rotterdam is geselecteerd als experimenteerruimte om de transitie van het huidige energiesysteem -gebaseerd op fossiele energie- naar een toekomstig energiesysteem in 2020, dat schoonfossiel en zo duurzaam mogelijk moet zijn, te verkennen. Het lange termijn doel van R3 is het realiseren van een duurzame energiehuishouding in 2050.

Het Plan van Aanpak voor de visievorming omvat een zestal opeenvolgende stappen:

1. Inventarisatie van het huidige energiegebruik van de sectoren chemie en energie, waaronder raffinage en elektriciteit- en warmteproductie.
2. Prognose van het energiegebruik in 2020.
3. Inventarisatie van bedrijfsstrategieën.
4. Opstellen concept visie.
5. Visiebijeenkomst.
6. Definitieve visie.

In opdracht van het programmteam R3 heeft ECN Beleidsstudies onderdeel b. uitgevoerd. In dit rapport worden de resultaten van deze prognose gepresenteerd.

Doelstelling

Het doel van dit onderzoek is het programmteam R3 een beeld te verschaffen van de te verwachten ontwikkeling van het energiegebruik en CO₂-emissies in HIC Rotterdam in de periode 2002-2020 bij lopend beleid. De economische visie van het Havenplan 2020 vormt hierbij het uitgangspunt. Ook is de studie er op gericht een inschatting te geven van de CO₂-reductie die in 2020 gerealiseerd zou kunnen worden met opties die vallen onder de voor het HIC gedefinieerde transitiethema's.

Onderzoeksvragen

Relevante onderzoeksvragen om tot dit beeld te komen zijn:

1. Wat is de meest waarschijnlijke economische ontwikkeling voor de verschillende sectoren in het HIC en wat voor consequenties heeft dit voor de productie(capaciteit)?
2. Welke verschuivingen in productmix zullen naar verwachting plaatsvinden?
3. Hoe gaan de energiemarkten zich ontwikkelen?
4. Welke technologische ontwikkelingen zijn te verwachten en in hoeverre is daar op te sturen of te anticiperen? Betekent dit iets voor het soort bedrijven dat zich zou kunnen vestigen of voor veranderingen die men zou willen doorvoeren in het bestaande industriële complex?
5. Wat is het potentieel voor verdere energie efficiencyverbetering na afloop van het Benchmark covenant in 2012?
6. Wat is en wordt de rol van de energiesector in het HIC? Welke centrales zijn gepland, wat is de huidige en toekomstige rol van WKK?
7. Welke rol zal het energie- en klimaatbeleid spelen? Welke invloed zal CO₂-emissiehandel op het energiegebruik van de regio hebben? Wat zijn de consequenties van stringenter producties voor het energiegebruik van de regio? Zullen emissienormen verder worden aangescherpt?

De antwoorden op deze vragen bepalen grotendeels de ontwikkeling (omvang en invulling) van het energiegebruik in HIC Rotterdam. De prognose zal bestaan uit kwantitatieve schattingen en een kwalitatieve onderbouwing per sector met betrekking tot:

- de ontwikkeling van het finaal elektriciteits- en thermisch verbruik,
- het beslag op primaire energiedragers,
- de mate van efficiencyverbetering,
- het aandeel WKK,
- de ontwikkeling van de CO₂-emissie.

Met betrekking tot de ruimte voor opties die linken aan de transitithema's zal voor 2020 aandacht besteed worden aan:

- restwarmtebenutting, benutting van gasvormige, vloeibare en vaste reststromen,
- biomassatoepassingen,
- inzet van overig duurzaam.

Afbakening

De prognose van het energiegebruik beperkt zich tot de volgende sectoren in HIC Rotterdam²:

- chemie (inclusief industriële gassen),
- raffinage,
- joint venture WKK,
- elektriciteit en stadsverwarming.

Deze sectoren zijn dezelfde als gebruikt in het overzicht van het huidig energiegebruik dat voorafgaande deze studie door DCMR is opgeleverd (onderdeel a van het Plan van Aanpak voor de visievorming). Deze sectoren nemen meer dan 80% van het energiegebruik in de regio voor hun rekening.

In deze studie wordt geen aandacht besteed aan:

- energiegebruik ten behoeve van transport in het HIC,
- energiegebruik van de overige industriële sectoren, de gebouwde omgeving en de goedere-
renoverslag in het HIC,
- ontwikkeling van het beslag op primaire energie ten behoeve van feedstock (productie plas-
tics e.d.),
- ontwikkeling non-energetische CO₂-emissies³,
- ontwikkeling overige emissies.

Opbouw van de rapportage

Hoofdstuk 2 geeft per sector een overzicht van het energiegebruik in het basisjaar 2002. Belangrijke ontwikkelingen in HIC Rotterdam die de drijvende krachten achter de ontwikkeling van het energiegebruik vormen, worden besproken in Hoofdstuk 3. Vervolgens wordt in Hoofdstuk 4 per sector een prognose gemaakt van het energiegebruik in 2010 en 2020. In dit hoofdstuk wordt tevens voor 2020 de ruimte -in termen van energiebesparing en CO₂-emissiereductie- aangegeven voor verbeteropties. De rapportage wordt afgesloten met conclusies.

² Maasvlakte, Europoort, Botlek, Pernis.

³ Een voorbeeld van niet-energetische CO₂-emissie is waterstofproductie t.b.v. kunstmestproductie. Sinds 2000 wordt er geen ammoniak meer geproduceerd in het HIC waarmee de grootste bron van niet-energetische CO₂-emissies verdwenen is (zie ook Paragraaf 2.1).

2. ENERGIEGEBRUIK HIC ROTTERDAM IN BASISJAAR 2002

2.1 Chemie

De chemische industrie is ruim vertegenwoordigd in het HIC. Het zwaartepunt van de chemie ligt in het gebied Pernis en Botlek. Deze industrie is vooral ontstaan vanuit de aardolieraffinage. Vooral op en bij de raffinaderijen van Esso en Shell is veel basischemie aanwezig. Shell maakt een groot aantal chemische producten zelf of via gelieerde ondernemingen als Resolution, Basell, etc. Het betreft onder andere polypropyleen, rubbers en oplosmiddelen. Esso produceert aromaten en daaruit o.a. weekmakers. In de onmiddellijke omgeving worden basischemicaliën geproduceerd als chloor, vinylchloride, propeenoxide, polypropyleen, MBTE, nylon, acrylaten, MDI, polyolen, formaldehyde en carbon black. Daartussen bevindt zich rond Botlek/Rozenburg ook veel verwerkende industrie: koolstofanodenproductie, gewasbeschermingsmiddelen, smeermiddelen, pigmenten, etc.

Buiten het genoemde gebied vindt relatief nieuwe chemische productie plaats op de Maasvlakte: tereftaalzuur en PET en sinds 2003 propeenoxide en styreen. Hier zijn nog veel uitbreidingsmogelijkheden, maar er ligt nog geen sterk verweven cluster.

Olefinenproductie, de eerste stap van de petrochemie na olieraffinage, lijkt een ontbrekende schakel in het HIC. Ook de productie van methanol uit aardgas ontbreekt. Deze basisgrondstoffen uit deze eerste stappen worden evenwel in ruime mate aangevoerd, verwerkt, opgeslagen en overgeslagen in het HIC: etheen, propeen, benzeen en methanol. Het net van pijpleidingen met Nederlandse en Vlaamse petrochemische complexen speelt daarbij een belangrijke rol. Ammoniakproductie is gestopt in Europoort in 2000. Daarmee is een belangrijk deel van het aardgasgebruik (15-20 PJ_p) voor de chemische industrie weggevallen.

Tabel 2.1 *Energiegebruik chemie HIC (inclusief sector industriële gassen) 2002*

Elektriciteitsconsumptie [PJ _e]	13,2
w.v. uit WKK	2,5
Netto levering door derden	10,7
Stoom- en ondervuringsvraag [PJ _{th}]	47,0 ¹⁾
w.v. uit WKK	6,1
w.v. uit ketels	21,1
Netto levering door derden ²⁾	19,7
Energetisch verbruik brandstoffen inclusief inzet WKK [PJ _p]	
Aardgas	16,1
Olie	12,6
Kolen	2,5
Restgassen	3,0
Overig	2,2
CO ₂ -emissies [Mton]	2,1

¹⁾ de nieuwe vestiging van Lyondell/Bayer vraagt nog ca 10 PJ_{th} erbij na 2003

²⁾ stoomlevering door raffinage en joint venture WKK

Het belangrijkste energiegebruik in de chemische industrie betreft de stoomlevering aan de chemische complexen, vooral van Shell, Exxon en Lyondell. De levering van stoom voor de chemie in het HIC is, exclusief de nieuwe propeenoxidefabriek van Lyondell/Bayer op de Maasvlakte, ca 20 PJ_{th}. De stoom wordt opgewekt door WKK bij de raffinaderijen (8 PJ_{th}) en

zogenaamde utility islands als Eurogen, Enecal en WKC Air Products. Naast deze stoomlevering wordt brandstof verbruikt in de vorm van restgassen en aardgas voor eigen WKK en stoomketels en directe ondervuring van processen. Dit energiegebruik bedraagt ook nog eens bijna 30 PJ_p, met een ongeveer 50-50% verdeling over aardgas en overige brandstoffen (inclusief industriële gassenproductie). Elektriciteit in de chemische industrie is veel meer gespreid over verschillende processen en bedrijven. Een belangrijk elektriciteit verbruikend chemisch proces is de chloorproductie door elektrolyse, ca 4 PJ_e. Het finale verbruik van elektriciteit door de chemische industrie in het HIC bedraagt ongeveer 13 PJ_e.

2.2 Raffinage

In de afgelopen jaren (1996-2001) is de productie van raffinaderijen in Europa nog maar weinig gestegen. Na een piek in 1998 is de productie weer gedaald tot enkele procenten boven het niveau van 1996. Twee belangrijke factoren verklaren dit. Aan de ene kant neemt de groei van de Europese vraag naar transportbrandstoffen nog steeds toe: tussen 1992 en 1999 met maar liefst 17%. Aan de andere kant is de vraag naar zware stookolie in de industrie en bij elektriciteitscentrales afgenomen door een forse toename van de inzet van aardgas. De doorzet van de Europese raffinaderijen is redelijk in evenwicht met de totale Europese vraag naar olieproducten.

Het totaal opgesteld WKK-vermogen in het HIC bedraagt momenteel 340 MW_e. Een deel van de stoomproductie door WKK en ketels wordt geëxporteerd naar de chemie.

Onderstaande tabel geeft een overzicht van het energiegebruik en de brandstof gerelateerde CO₂-emissies in het basisjaar.⁴

Tabel 2.2 *Energiegebruik raffinage HIC 2001/2002*

Elektriciteitsconsumptie [PJ _e]	6,6
w.v. uit WKK	8,4
Netto levering aan derden	-1,9
Stoom- en ondervuringsvraag [PJ _{th}]	106,7
w.v. uit WKK	30,5
w.v. uit ketels	84,1
Netto levering aan derden ¹⁾	-8,0
Energetisch verbruik brandstoffen inclusief inzet WKK [PJ _p]	
Aardgas	30,4
Olie	145,7
Restgassen	-3,0
CO ₂ -emissie [Mton]	10,9

¹⁾ Stoomlevering aan chemie

2.3 Joint venture WKK

Eind 2002 bedroeg het totaal opgesteld joint venture WKK-vermogen iets meer dan 200 MW_e. Dit betreft drie installaties die eind jaren negentig in bedrijf genomen zijn en een nieuwe installatie, WKC Air Products, die in 2002 operationeel is geworden. In augustus 2001 is begonnen met de bouw van de Rijnmond Energie centrale. Deze 790 MW_e centrale is momenteel aan het proefdraaien en biedt de mogelijkheid in de toekomst tot 300 ton stoom per uur te leveren (ont-

⁴ Voor de reconstructie van het basisjaar is uitgaan van zowel de DCMR-gegevens als de CBS-statistieken in de NEH (gecorrigeerd voor de TOTAL raffinaderij in Vlissingen). Deze laatste gegevens hebben betrekking op het jaar 2001.

werp).⁵ Daarnaast is in 2003 een nieuwe installatie van E.ON en Lyondell/Bayer in bedrijf genomen. Van de vier in 2002 operationele installaties staat er één in de Europoort. De overige drie staan in de Botlek en leveren aan hetzelfde stoomnetwerk. In Tabel 2.3 wordt een overzicht gegeven. Tabel 2.4 geeft een overzicht van de energie-inzet en -productie van de installaties in 2002.

Tabel 2.3 *Joint venture WKK in het HIC*

Naam	In bedrijf	Locatie	Joint venture	Stoomlevering
Europoort Utility Partners	1998	Europoort	Eneco / Air Products	Voridian
Enecal	1997	Botlek	Eneco / Air Liquide	Lyondell,
Eurogen	1994	Botlek	Eneco / Air Liquide	Huntsman,
WKC Air Products	2002	Botlek	Elektrabel / Air Products	DuPont, DOMO
E.ON – Lyondell/Bayer	2003	Maasvlakte	E.ON – Lyondell/Bayer	Lyondell, Bayer
Rijnmond Energie	2004	Pernis	Intergen / NUON	Shell Pernis ¹⁾

¹⁾ optioneel

Tabel 2.4 *Energie-inzet en -productie sector joint venture WKK HIC 2002*

Elektriciteitsproductie	[PJ _e]	5,6
Stoomproductie	[PJ _{th}] ¹⁾	11,4
Inzet aardgas	[PJ _p]	18,7
Inzet olie	[PJ _p]	0,0
Inzet restgassen	[PJ _p]	0,0
CO ₂ -emissie	[Mton]	1,1

¹⁾ stoomlevering aan chemie

2.4 Elektriciteit en stadsverwarming

In het HIC zijn twee kolengestookte elektriciteitscentrales in bedrijf. Dit betreft de twee Maasvlakte centrales uit 1988 en 1989 met een gezamenlijk vermogen van 1040 MW_e. In beide centrales wordt biomassa meegestookt.

In Rotterdam Capelle staan drie eenheden die naast elektriciteit ook warmte produceren. Deze warmte wordt geleverd aan de naburige stadswijken en het glastuinbouwgebied in de B-driehoek. De twee gasgestookte eenheden ROCA-1 en 2, beide uit 1983, hebben een gezamenlijk vermogen van 50 MW_e. De eveneens gasgestookte ROCA-3 centrale uit 1997, die 3,6 PJ warmte en 50 kton CO₂ per jaar⁶ aan de glastuinbouw levert, heeft een vermogen van 220 MW_e. In de Galileistraat staat een derde gasgestookte stadsverwarmingseenheid van 209 MW_e, gebouwd in 1989.

Tabel 2.5 *Energie-inzet en -productie sector elektriciteit en stadsverwarming HIC 2002*

Elektriciteitsproductie	[PJ _e]	33,4
Warmteproductie	[PJ _{th}]	7,5
Inzet kolen	[PJ _p]	60,4
Inzet aardgas	[PJ _p]	20,8
Inzet overig	[PJ _p] ¹⁾	4,8
CO ₂ -emissie	[Mton]	6,9

¹⁾ waaronder biomassa (7% meestoken o.b.v. energie-input)

⁵ In eerste instantie is alleen een stoomlevering van 125 ton per uur aan Shell Pernis voorzien.

⁶ Presentatie 'Grootschalige warmtelevering aan de glastuinbouw' door H.A. Buis (Eneco), Bijeenkomst warmte/kracht in de glastuinbouw, woensdag 2 april 2003.

2.5 Overzicht energiegebruik 2002

Onderstaande tabel geeft een overzicht van het energieplaatje in het HIC in het basisjaar. De energiegegevens hebben alleen betrekking op de in Paragraaf 2.1 – 2.4 behandelde sectoren.

Tabel 2.6 *Overzicht energiegebruik chemie, raffinage, joint venture WKK, elektriciteitsproductie en stadsverwarming HIC Rotterdam 2002*

Elektriciteitsconsumptie [PJ _e]	19,7
w.v. uit WKK	16,5
Netto levering door derden (a)	3,3
Elektriciteitsproductie door sector elektriciteit en stadsverwarming [PJ _e] (b)	33,4
Netto export elektriciteit door de sectoren [PJ _e] (b - a)	30,1
Stoom en ondervuringsvraag [PJ _{th}]	153,7
w.v. uit WKK	48,0
w.v. uit ketels	105,7
Warmteproductie door sector elektriciteit en stadsverwarming [PJ _{th}]	7,5
Energetisch verbruik brandstoffen inclusief inzet WKK [PJ _p]	
Aardgas	85,7
Olie	148,3
Kolen	62,6
Overig	7,0
Totale CO ₂ -emissie [Mton]	20,3
w.v. CO ₂ -emissie t.b.v. finaal energiegebruik ¹⁾ [Mton]	14,1

¹⁾ i.e. gecorrigeerd voor netto export elektriciteit

De elektriciteitsconsumptie van de sectoren chemie en raffinage samen bedraagt in 2002 bijna 20 PJ_e. Bijna 85% van deze elektriciteit wordt geproduceerd door eigen WKK of WKK in joint venture beheer. De resterende 15% wordt ingekocht van het net.

De gezamenlijke CO₂-emissie van de vier sectoren bedraagt in 2002 iets meer dan 20 Mton.⁷ Tweederde van deze uitstoot is gerelateerd aan het finaal verbruik van stoom en elektriciteit in de raffinage en chemie. De resterende 6 Mton betreft CO₂-uitstoot t.b.v. van elektriciteits- en warmteproductie die netto geëxporteerd wordt naar andere sectoren dan de vier onderzocht in deze studie, al dan niet in het HIC gesitueerd.

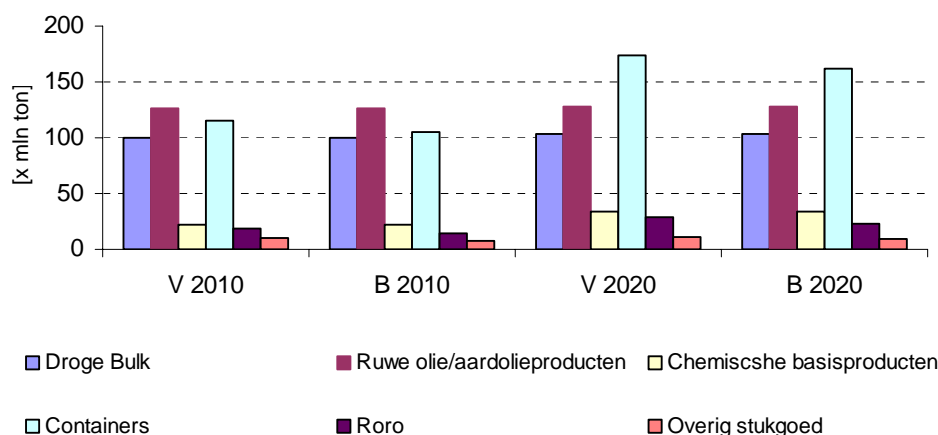
⁷ Vergelijk 183 Mton voor Nederland als geheel (RIVM, Milieubalans 2003).

3. ONTWIKKELINGEN IN HIC ROTTERDAM 2002-2020

3.1 Economische groei

3.1.1 Groeiverwachtingen conform het Havenplan 2020

Volgens de opstellers van het Havenplan 2020⁸ sluit het Global Competition scenario van het CPB, met nadruk op een dynamische technologische ontwikkeling, sterke internationalisering en een grote rol voor het marktmechanisme, het beste aan bij de ontwikkelingen die zich voordoen binnen Nederland, Europa en op mondiale schaal. Het GC-scenario laat de grootste groei in volumestromen zien en is naast andere scenario's door het Gemeentelijk Havenbedrijf Rotterdam vertaald middels haar Goederen Stroom Model nr. 7 (GSM) in het rapport 'Verkenningen 2020' (1998). Hierin zijn voor het jaar 2020 prognoses gemaakt van overslagvolumes, ruimtebeslag, werkgelegenheid en toegevoegde waarde. Deze cijfers zijn voor wat betreft overslagvolumes en ruimtebehoefte in 2002 nog eens herijkt op basis van recente cijfers. Deze herijking heeft vooral betrekking gehad op de concurrentiepositie van Rotterdam t.o.v. de andere havens in de Hamburg - Le Havre range. De prognose/doelstelling is nu in 2020 het relatieve marktaandeel goederenoverslag dat Rotterdam in 1995 had (en deels verloren heeft) terug te winnen. Dit moet leiden tot onderstaande figuur (bron: Havenplan 2020):



Figuur 3.1 Prognose goederenoverslag Verkenningen 2020

V 2010 / V 2020 = prognose goederenoverslag Verkenningen 2020 (1998) voor resp. het jaar 2010 / 2020
B 2010 / B 2020 = bijgestelde prognose mei 2002 voor resp. het jaar 2010 / 2020

Of de overslagvolumes ook daadwerkelijk in 2020 in Rotterdam worden gerealiseerd, hangt volgens de opstellers van het Havenplan af van de mate waarin de werkelijke economische groei overeenkomt met de aannamen in het GC-scenario (momenteel blijft die achter) en de mate waarin de Rotterdamse haven in staat is haar concurrentiepositie te behouden.

Een herijking voor de groeivoeten voor de industriële activiteiten in HIC Rotterdam is niet gemaakt door het Havenbedrijf.⁹ De 1998 prognose vormt derhalve de economische context voor deze studie (zie Tabel 3.1). Het belangrijkste uitgangspunt voor de energieprognose vormt de

⁸ Gemeentelijk Havenbedrijf Rotterdam, Havenplan 2020: Economische Visie, versie Maart 2003.

⁹ Bron: Ard van Eck, Gemeentelijk Havenbedrijf Rotterdam.

kwalitatieve beschrijving van de ontwikkeling van de industrie in het HIC zoals verwoord in het recente Havenplan (zie Paragraaf 3.1.3).

Tabel 3.1 *Groei toegevoegde waarde in [% per jaar] industrie HIC¹⁰*

Sector	DE		GC	
	1995-2010	2010-2020	1995-2010	2010-2020
Raffinage ¹⁾	0,5	0,4	1,6	1,4
Basischemie ²⁾	3,4	0,8	5,9	4,4
Fijnchemie ³⁾	2,7	1,6	5,4	5,5
Elektriciteitsproductie	1,2	-	2,5	1,6

1) Productie olieraffinage stijgt licht (in beide scenario's); groei toegevoegde waarde door variëteit producten en toenemend aandeel hoogwaardiger lichte fracties.

2) In GC-scenario wordt verondersteld dat chemie HIC sneller groeit dan de rest van Nederland (a.g.v. clustervoor- delen en kustlocatie); in DE-scenario wordt een gelijke groei als in de rest van Nederland verondersteld.

3) Fijnchemie HIC groeit in beide scenario's minder snel dan in de rest van Nederland.

De afgelopen jaren zijn groeirealisaties voor zowel chemie (vooral fysieke productie, zie Para- graaf 3.1.4) als raffinage achtergebleven bij vooral het GC-scenario.

3.1.2 Vertaling economische groei

Economische groei kan zich vertalen in een aantal factoren:

- 1) Een intensiever gebruik en optimalisering van bestaande productiecapaciteit,
- 2) Verschuivingen in de productmix ten gunste van hoogwaardiger producten of toevoeging van meer bewerkingen,
- 3) Uitbreiding/vervanging van de bestaande productiecapaciteit door substantiële debottlene- cing en investeringen in nieuwe capaciteit,
- 4) Vestiging van nieuwe bedrijvigheid.

Groei ten gevolge van de twee laatste factoren wordt beperkt door de beschikbare ruimte. Ruim- tebehoefte en ruimteaanbod (al dan niet door herinrichting van bestaande bedrijventerreinen of ontginning van nieuwe terreinen) moeten goed op elkaar afgestemd zijn om de geprognosticeer- de economische groei ook daadwerkelijk te kunnen realiseren. In het Havenplan 2020 heeft het Gemeentelijk Havenbedrijf voor iedere sector een analyse gemaakt van de verwachte ontwikke- lingen tot 2020 en de daaraan gerelateerde ruimtebehoefte. Hieronder volgt daarvan een over- zicht aangevuld met relevante andere inzichten.

3.1.3 Ontwikkeling chemie cf. Havenplan 2020

De chemische industrie wordt momenteel gekenmerkt door veel fusies en overnames, hetgeen naar verwachting de komende jaren nog verder zal toenemen. Het toetreden van nieuwe spelers leidt soms tot versnippering van voorheen homogene chemieterreinen.

Outsourcing van uiteenlopende zaken als opslag, transport, engineering, onderhoud en volledige operatie van installaties zal naar verwachting de komende jaren in omvang toenemen. Concen- tratie en integratie van zoveel mogelijk productiefaciliteiten op één site (clustering) levert moge- lijkheden voor hogere energie-efficiency en meer flexibiliteit in de productie. Hiernaast vindt in toenemende mate co-siting plaats: bedrijven stellen delen van hun terrein beschikbaar aan der- den op basis van een goede match met bestaande stromen en processen. Hiermee wordt de totale efficiency van de locatie verhoogd.

Voor versterking van deze concepten is een belangrijke rol weggelegd voor een pijpleidingen infrastructuur. Pijpleidingen maken het mogelijk integratie en clustering te realiseren op afstand,

¹⁰ Bewerkte gegevens Gemeentelijk Havenbedrijf Rotterdam (1998), Integrale Verkenningen 2020.

hetgeen voordelen kan bieden bij het koppelen van bestaande locaties of de opstart van nieuw te ontwikkelen chemiesites (Maasvlakte I en II), waar de kritische massa voor een echt cluster nog ontbreekt. De fijn- en specialtychemie zijn in Rotterdam nu slechts op beperkte schaal vertegenwoordigd. Voor deze twee sectoren worden meer ruimtelijke investeringen verwacht dan voor de basischemie. In 2001 bedroeg de ruimtebehoefte van de chemie 595 ha. Naast efficiënter gebruik van bestaande productielocaties zal deze vraag naar verwachting in 2020 toegenomen zijn met 240 ha.

3.1.4 Fysieke groei in de chemie

Volgens het GC-scenario groeit de chemie fysiek met circa 2,5% per jaar (CPB, EFO, 1997). Het GC-scenario (global competition) kenmerkt zich door een combinatie van hoge groei en sterke innovatie. Deze innovatieve ontwikkeling komt volgens het CPB onder andere tot uitdrukking in dematerialisatie. Bij dematerialisatie stijgt de toegevoegde waarde van het product. Dat is mogelijk door bijvoorbeeld speciale varianten te ontwikkelen van basischemicaliën of bewerkingen toe te voegen.

Het groeitempo van toegevoegde waarde in de periode 1995-2002 was 3,3% voor de totale chemische industrie, waarbij de basischemie relatief gunstig presteerde ten opzichte van de chemische producten. De fysieke productie bleef, voor zover waar te nemen, inderdaad achter bij de economische prestatie.

Tabel 3.2 *Groecijfers chemie: GC-scenario, Referentieraming, realisaties*

Nederland [%/jr]		Bruto productie (afzet in geld)	Fysieke productie (ton product)	Fysieke productie (ton product)	Realisatie toegevoegde waarde	Realisatie fysieke productie ¹⁾
Producten in HIC o.a.		groei over 1995-2020 GC	groei over 1995-2020 GC	groei over 2000-2010 RR	1995-2001	1995-2000
Petrochemie	Aromaten, harsen, rubber, oplosmiddelen, DMI, BDO, MTBE, propeenoxide, styreen, VCM, etc.	3,4	2,4	1,9	4,8	
Anorganische chemie	Chloor, Carbon Black	3,5	2,5	1,5	0,4	
Kunstmest	Ammoniak, mengmeststoffen	1,9	0,4	0,6	-11,2	
Overige basischemie	Gassen: O ₂ , CO, H ₂ , pigmenten, kunststoffen: PP, PET	4,6	2,8	2,3	6,9	
Totaal basischemie		4,0 ²⁾	2,5	1,8	4,4	2,9

¹⁾ energiegewogen, benaderd uit referentieverbruik MJA-1.

²⁾ opgehoogd voor HIC naar 4,4%, zie Tabel 3.1.

Voor de basischemie in het HIC zijn cijfers van een energiegewogen fysieke productie niet beschikbaar. De ophoging vanwege clustervoordelen in het HIC hoeft zich niet volledig te vertalen in een hogere fysieke groei. Ook kunnen deze voordelen zowel leiden tot een hoger groeitempo van productiecapaciteit (fysiek) als bijvoorbeeld tot lagere kosten (winst). Het groeicijfer in de Referentieraming is niettemin lager dan het gehanteerde GC-scenario.

3.1.5 Ontwikkeling raffinage cf. Havenplan 2020

De investeringen in de Rotterdamse raffinaderijen zijn vooral gericht op upgradering van processen om een efficiëntere doorzet en schonere eindproducten te krijgen. Alle vier raffinaderijen investeren om tegemoet te kunnen komen aan de verhoogde eisen van AutoOil II dat in 2005 van kracht wordt. Door de huidige overcapaciteit in de raffinage en de lage groei van de brandstofmarkt zoeken raffinaderijen naar andere groeimogelijkheden zoals een toenemende integratie met petrochemische activiteiten.¹¹

Het Havenplan stipt een aantal ontwikkelingen aan die bij kunnen dragen aan een vermindering van de huidige overcapaciteit:

- Vooral in de chemie is meer behoefte aan specialty tanks, zodat er een optie is om tanks om te bouwen voor andere producten.
- De behoefte aan opslagcapaciteit voor chemicaliën (vooral methanol) neemt toe, waarbij een duidelijke tendens is naar outsourcing.
- De afname van de winning van Noordzee olie zal leiden tot een toename van ruwe olie uit het Midden Oosten¹²; dit is voordelig voor Rotterdam vanwege de inzet van grote tankers.
- Als gevolg van eisen zoals AutoOil II kunnen er op termijn mogelijk minder productielocaties in West Europa overblijven, met als mogelijk gevolg meer productstromen.

Uitbreiding van productiecapaciteit zal door efficiencyverbetering en upgradering bij bestaande installaties plaatsvinden. De ruimteproductiviteit zal dus toenemen. Naar verwachting zal de ruimtebehoefte van de raffinage in 2020 afnemen tot 210 ha tegenover 270 ha in 2001.

3.1.6 Ontwikkeling utilities: industriële gassen en joint venture WKK

In het verleden maakten grootverbruikers van industriële gassen in de chemie zelf hun stikstof, zuurstof en waterstof, terwijl kleinere verbruikers hun gasbehoefte inkochten bij de gasleveranciers. In het HIC wordt het steeds meer gebruikelijk de industriële gassen af te nemen uit een pijpleidingennetwerk (tonnage). Een voorbeeld van tonnage is bijvoorbeeld de bouw van een luchtscheidingsinstallatie door Air Products in Rozenburg (n.a.v. het PER+ project van Shell) en de aansluiting van HIC Rotterdam op het pijpleidingennetwerk van Air Liquide dat onder meer vanuit Antwerpen beleverd wordt. Naar verwachting zal het aandeel tonnage in de toekomst verder toenemen.

Bij de productie van industriële gassen bestaan nog steeds aanzienlijk mogelijkheden om binnen de bestaande typen productieprocessen het energiegebruik te verminderen. Dit kan zowel door vervanging van oudere installaties of onderdelen hiervan door state-of-the-art componenten, als ook door verdere optimalisatie en opschaling van nieuw te bouwen installaties. Voor de huidige cryogene luchtscheiding bestaan op korte termijn geen reële alternatieven. Luchtscheiding op basis van PSA en VSA technieken is alleen op kleinere schaal competitief, maar binnen het HIC bestaat voor kleinschalige consumptie al de mogelijkheid om gebruik te maken van de huidige goed ontwikkelde infrastructuur (pijpleidingen en wegtransport). Op de langere termijn zijn er mogelijk wel competitieve alternatieven, in de vorm van zuurstofproductie met zogenaamde gemengd geleidende membranen. De hoge temperatuur waarbij dit proces plaatsvindt biedt de mogelijkheid tot coproductie van zuurstof en elektriciteit. Verder is het mogelijk deze membranen in de waterstofproductie te integreren. De scheiding van zuurstof ten behoeve van de stoomreforming van koolwaterstoffen wordt hiermee integraal onderdeel van het proces, en aparte luchtscheidingsinstallaties zijn dan voor waterstofproductie niet meer noodzakelijk. Vanwege de technologische onzekerheden zijn deze ontwikkelingen niet opgenomen in de analyse.

¹¹ ECN zet hier vraagtekens bij. De Nederlandse raffinaderijen draaien al acht jaar op maximale doorzet. Er is dus geen sprake van overcapaciteit. Wat de brandstoffenmarkt betreft: groei van vraag naar benzine en diesel voor personenauto's zal afnemen als gevolg van de afspraken met de auto-industrie om zuinigere auto's te produceren. De vraag naar diesel voor vrachtwagens alsmede de vraag naar kerosine zal doorgroeien. De vraag naar zware stookolie voor elektriciteitsproductie is wel sterk afgenomen.

¹² Bij lage oliepijzen zal ook meer raffinage aan de bron (i.e. in het Midden Oosten) plaatsvinden.

In de jaren negentig hebben Air Products en Air Liquide hun productenmix uitgebreid met elektriciteit en stoom door toepassing van warmtekrachtkoppeling. De reden hiervoor was dat industriële bedrijven deze productie wilden uitbesteden en dat met relatief grote WKK-installaties energetische en financiële schaalvoordelen behaald konden worden ten opzichte van gescheiden opwekking en kleinere WKK-installaties. Toekomstige investeringen in nieuw WKK-vermogen als onderdeel van een utility eiland zullen voor een groot deel afhangen van de ontwikkeling van de gas- en elektriciteitsprijs. Voor de periode 2001-2010 verwacht ECN dat de verhouding tussen gas- en elektriciteitsprijs zich voor WKK op een gunstige manier ontwikkelt.¹³ In het HIC zijn recent twee nieuwe joint venture WKKs in bedrijf genomen en wordt momenteel proefgedraaid met de Rijnmond Energie centrale.

Het totale ruimtebeslag van de utilities bedroeg in 2001 26 ha.¹⁴ Het is aannemelijk dat de ruimtebehoefte in 2020 fors gestegen zal zijn. Hiervoor is geen aparte prognose gemaakt door het Havenbedrijf.

3.1.7 Ontwikkeling elektriciteit en stadsverwarming

De ontwikkeling van chemie, raffinage en utilities in HIC Rotterdam zijn nauw met elkaar verbonden. Voor de sector elektriciteit en stadsverwarming geldt deze verbondenheid veel minder.¹⁵ De groei van deze sector wordt enerzijds bepaald door de ontwikkeling van de elektriciteitsvraag in Nederland¹⁶ en de eventuele keuze voor het HIC als vestigingsplaats voor een nieuw te bouwen centrale, anderzijds door de bouw van nieuwe woningen en kantoren en de keuze deze al dan niet op een stadsverwarmingnet aan te sluiten waarvoor dan eventueel nieuw vermogen gebouwd moet worden. Belangrijk in deze is het volgende:

- De Maasvlakte is in het Capaciteitsplan 2003-2009 van TenneT opgenomen als een van de mogelijke vestigingsplaatsen van een nieuwe 600 MW_e aardgasgestookte STEG-centrale.
- Als gevolg van het Kolenconvenant zal in de periode tot 2012 een verdere brandstofsubstitutie tussen kolen en biomassa (moeten) plaatsvinden (zie ook Paragraaf 3.2.1).
- De uitbreiding van het stadsverwarmingnet in de periode 2010-2020 alsmede de voeding van dit en het huidige net met (nieuwe) centrales en/of restwarmte uit het HIC zal in sterke mate bepaald worden door aanvullend beleid waardoor condities geschapen worden waardoor de daadwerkelijke realisatie van industriële restwarmtebenutting tot stand gebracht kan worden (zie ook Paragraaf 3.2.3).

Het ruimtebeslag van de elektriciteitscentrales beslaat momenteel ongeveer 100 ha (waarvan 87 ha voor de twee Maasvlakte centrales).¹⁷

3.1.8 Ontwikkeling ruimtebehoefte HIC Rotterdam cf Havenplan 2020

Voor HIC Rotterdam is een totale ruimtebehoefte (i.e. inclusief de sectoren die buiten deze studie vallen) van 2149 ha geprognosticeerd. Tot 2020 is volgens de berekeningen van het Havenbedrijf 1252 ha beschikbaar, waarvan 1042 ha optimaal kan worden benut door de ruimtevra-

¹³ Ybema et al. (2001). Referentieraming Energie en CO₂. Vanwege een aantal ontwikkelingen in de elektriciteitssector waarmee in de Referentieraming geen rekening is gehouden, is het waarschijnlijk dat de elektriciteitsprijs hoger uitvalt dan verondersteld in de Referentieraming (Wals, 2003; interne ECN notitie). Voor WKK is dit positief.

¹⁴ GHR, Facts and Figures on Rotterdam's oil and chemical industry. Dit cijfer betreft de eigen locaties van de gasleveranciers.

¹⁵ Het Havenplan richt zich voornamelijk op de ontwikkeling van de industrie. Ontwikkeling van elektriciteitsproductie in de regio krijgt relatief weinig aandacht. Op basis van aanvullende bronnen is ook voor deze sector door ECN een inschatting gemaakt die in lijn is met de ontwikkeling van de regio zoals beoogd in het Havenplan.

¹⁶ Volgens Tennet (2002) 2,2% per jaar en volgens de meest recente inzichten van ECN 1,8% (Ybema, 2003; notitie t.b.v. het CO₂ Streefwaardenproject).

¹⁷ GHR, Facts and Figures on Rotterdam's oil and chemical industry.

gende sectoren. Het verschil tussen vraag en aanbod (1107 ha) dient opgevuld te worden door aanleg van de tweede Maasvlakte.

3.2 Beleid

3.2.1 Bestaand energie- en klimaatbeleid

Voor de doelgroep bedrijven is het bestaande beleid vooral gericht op het implementeren van best practice. Het voorschrijven van best practice houdt in dat bedrijven technologie en werkwijze op het hoogste peil moeten brengen waarvan is aangetoond dat het onder marktcondities haalbaar is. Best practice wordt uitgevoerd via het convenant benchmarking, MJA-2, alsmede het vergunningsbeleid voor inrichtingen die niet deelnemen aan convenanten. Naast dit reguleringskader is er ook een financieel stimuleringsbeleid. Dit beleid is gericht op het financieel acceptabel maken van investeringen in energiebesparing en CO₂-reductie. De belangrijkste regelingen zijn de energie investeringsaftrek (EIA) de regeling milieuvriendelijke elektriciteitsproductie (MEP) en het CO₂-reductieplan. Vooral via de MEP is forse stimulering mogelijk van duurzame energiebronnen en WKK. Heffingen op energie spelen voor de grotere en de energie-intensieve bedrijven geen rol. Via een schijventarief zijn grotere hoeveelheden gas en elektriciteitsverbruik vrijgesteld van de regulerende energiebelasting (REB). Kleinverbruikers betalen wél substantieel REB op gas en elektriciteit. Warmtelevering van grote bedrijven aan kleinverbruikers is vrijgesteld van REB en wordt daardoor financieel gestimuleerd.

Ander bestaand beleid relevant voor het HIC is het Kolenconvenant. In dit convenant hebben de elektriciteitsproducenten en de overheid afgesproken dat in de periode 2008-2012 6 Mton CO₂ gereduceerd wordt door de gezamenlijke kolencentrales. Van deze 6 Mton moet 3 Mton gerealiseerd worden door het mee- en bijstoken van biomassa, 2 Mton door efficiencyverbeteringen (in het kader van het Benchmark convenant) en 1 Mton door enerzijds een aanpassing van de brandstofmix van de kolenvergasser in Buggenum en anderzijds een aantal 'rest' maatregelen. Als financiële stimulans is in het kader van het Kolenconvenant de brandstofbelasting omgezet in een outputheffing en ontvangen de producenten een vergoeding voor de duurzame elektriciteit die ze produceren.

3.2.2 Emissiehandel als meest plausibele voortzetting van bestaand klimaatbeleid

Als meest plausibele voortzetting van het bestaande best practice beleid wordt emissiehandel beschouwd. De Europese Commissie heeft een richtlijn voorgesteld waarbij o.a. inrichtingen met tenminste een thermische capaciteit van 20 MW op het brandstofverbruik moeten deelnemen. Zij krijgen van de nationale overheden een beperkte hoeveelheid CO₂-emissierechten. Deze rechten mogen worden verhandeld op een Europese markt. Bedrijven kunnen kiezen om reducerende maatregelen te treffen of emissierechten te kopen op de markt. De uiteindelijke hoeveelheid rechten die ze hebben dient overeen te stemmen met hun werkelijke CO₂-uitstoot.

Hoe streng het emissiehandelsbeleid zal uitpakken hangt af van de hoeveelheid rechten die de overheid allocceert via de nationale allocatieplannen. Deze plannen moeten in maart 2004 worden vastgesteld. Het lijkt er op dat de Nederlandse overheid de allocatie laat overeenstemmen met de Benchmarks of andere best practices. Op basis van de stand van zaken betreffende het convenant Benchmarking (2002) betekent dit dat er een overschot van rechten in Nederland ontstaat.

Als op den duur lopend beleid zoals best practice en financiële stimulering wordt afgeschaft, dan zal in theorie met emissiehandel de hoogste CO₂-reductie tegen de laagste kosten bereikt worden. Dat vereist echter een strenge allocatie en zover is het nog lang niet. Tenzij er een sterke vraag vanuit andere Europese landen zou ontstaan, zal emissiehandel in de nabije toekomst niet leiden tot CO₂-reductie die verder gaat dan onder Benchmarking. De verwachte prijsni-

veaus van emissierechten zijn ca 5-20 euro per ton CO₂, maar mogelijk ook nul indien een meerderheid van EU landen net als Nederland ook ruim alloceert. In dat geval zal de CO₂-emissie zelfs hoger kunnen zijn dan onder best practice beleid. In de verdere toekomst zal de hoeveelheid emissierechten waarschijnlijk wel wat meer gecoördineerd gaan worden, zodanig dat een gematigd tempo van CO₂-reductie in de EU ontstaat. Als lopend beleid tot en met 2020 wordt uitgegaan van dit scenario. Ander beleid, zoals financiële stimulering en best practice heeft onder emissiehandel nog een beperkte functie. Voorzover dit beleid wordt gehandhaafd is het gericht op het (1) bereiken van overeenstemming met bedrijven over een strengere allocatie, (2) stimuleren van technologische ontwikkelingen en experimenten en (3) mede realiseren van andere doelstellingen, vooral milieudoelstellingen als NO_x-reductie, recycling en afvalreductie. Alle drie deze redenen kunnen van toepassing zijn op het HIC.

3.2.3 Transitiebeleid

Transities zijn geen vast omliggende, te reguleren verifieerbare en kwantificeerbare veranderingsprocessen. Zijn de autonome technologische ontwikkelingen samen met het lopend beleid al voldoende om de transitie naar een duurzame energievoorziening te realiseren? Moet dat beleid worden geïntensiveerd, of zijn er nieuwe maatregelen voor nodig? En op welke termijn zal die transitie dan gerealiseerd zijn?

Thema's

In het rapport 'Op weg naar duurzaam Rijnmond' zijn een elftal thema's gedefinieerd. Daarnaast wordt een experimenteerruimte gedefinieerd binnen randvoorwaarden. Door met de thema's binnen die ruimte te starten, kan ervaring worden opgedaan met transities. De meeste thema's hebben betrekking op specifieke technologieën of materiaalroutes. Deze technologieën of materiaalroutes zijn veelal bekend, en worden niet expliciet tegengehouden door het lopend beleid. Het lopend beleid is immers niet expliciet in het voorschrijven van bepaalde processen. De transitie aanpak kan dus invulling geven aan het lopend beleid. Het lopend beleid schept mogelijk niet in voldoende mate de condities voor een bepaald thema. De prijs van CO₂ is bijvoorbeeld nog niet zodanig hoog en stabiel dat bedrijven gaan investeren in de thema's.

Transitiebeleid

Gewenst wordt dus beleid dat aanvullend op het lopende beleid randvoorwaarden schept en thema's realiseert die niet onder lopend beleid tot stand komen. Onder realiseren wordt verstaan: het zodanig succesvol invoeren van een thema dat het een (niche) markt veroverd, dus op den duur het dominante proces wordt in de experimenteerruimte. Daardoor ontstaat een dynamiek waarmee ook gerelateerde processen zullen veranderen. Met dit *transitiebeleid gericht op thema's* wordt een nieuwe (maar ook oude) weg bewandeld. Het is een beleid dat zich niet beperkt tot het formuleren van doelen en het geven van financiële prikkels zoals het lopende beleid. Het is beleid dat op gerichte wijze condities schept en initiatieven steunt in een bepaalde technologische en fysieke richting. Gewaarschuwd moet daarom worden voor de oude bezwaren tegen dit beleid: (1) het is mogelijk economisch niet optimaal en concurrentieverstorend, en (2) het gaat uit van een beter wetende overheid. Beide bezwaren verdienen aandacht: zowel de ruimte binnen de Europese regelgeving en mededingingvoorwaarden als het proces van interactieve besluitvorming.

Wat het transitiebeleid kan opleveren in de vorm van energiebesparing en CO₂-reductie in de periode tot 2020 is dus moeilijk te bepalen zonder de afzonderlijke thema's uit werken. Er kan slechts een globale schatting worden gemaakt van de mogelijke extra reductie van CO₂ ten opzichte van lopend beleid. De vereiste investeringen, CO₂-prijs, regelgeving en de bestuurlijke processen worden daarbij niet nader beschouwd.

4. PROGNOSE ENERGIEGEBRUIK HIC ROTTERDAM 2010 - 2020

4.1 Chemie: prognose 2010 en 2020

De fysieke groeicijfers van GC zijn in deze verkenning uitgangspunt. Getracht is op inrichtingsniveau economische en fysieke groei in te vullen, rekening houdend met de kenmerken van de inrichting. Er zijn twee groepen factoren belangrijk: vraagfactoren en aanbodfactoren. De vraag voor veel producten in het HIC wordt bepaald op wereldmarkten waarbij macro-economische groei en concurrentie met andere producenten een rol speelt. Voor de minder hoogwaardige producten uit het HIC is ook de nabijheid tot afzetmarkten belangrijk. Het aanbod wordt bepaald door de capaciteit van bestaande installaties en de mogelijkheden om deze met z.g. debottlenecking te laten toenemen. Daarnaast vergroot nieuwe capaciteit het aanbod, en daartoe zijn de specifieke vestigingsplaatsfactoren van belang.

Op basis van de kenmerken van de afzonderlijke inrichtingen is een nadere indeling gemaakt met betrekking tot economische groei, fysieke groei en nieuwe vestigingen op basis van de volgende overwegingen:

- Raffinage wordt behandeld in een aparte Paragraaf 4.2. De productie van olieproducten wordt vooral bepaald door de markt voor motorbrandstoffen, maar sterk gelimiteerd door de aanwezige capaciteit en mogelijkheden. De raffinage blijft een sterke invloed houden op de chemie in het HIC.
- Voor 'eerstelijns' basischemicaliën ontstaat geen nieuwe capaciteit in het HIC. De drie Nederlandse ethyleencomplexen (Moerdijk, Geleen en Terneuzen) hebben fors uitgebreid en nieuwe uitbreiding zal ook daar plaatsvinden. Nieuwe capaciteit voor methanol en ammoniakproductie ontstaat op plaatsen waar aardgas overvloedig en goedkoop is en zal naar het HIC worden aangevoerd.
- Nieuwe locaties voor chloorproductie en transport van chloor zijn omstreden. Chloorproductie wordt steeds meer geconcentreerd in het HIC, zal op de huidige locatie nog sterk groeien en derhalve op haar beurt chloor verwerkende processen aantrekken.
- Bestaande spinoff van de olieraffinage, zoals aromaten- en afgeleide productie, oplosmiddelenproductie, carbon black en koolstofanoden zal navenant kunnen groeien. Diversificatie en waardetoevoeging (dematerialisatie) is hier kansrijk. Dat geldt in mindere mate voor polypropyleen.
- De olieraffinage blijft in ontwikkeling (zie aldaar) en zal nieuwe toeleveringscapaciteit aantrekken, vooral waterstof en zuurstof. Mogelijk zal waterstofproductie in de toekomst ook gecombineerd kunnen worden met azijnzuurproductie uit methanol en koolmonoxide. Ook voor toevoegingen aan motorbrandstoffen zoals MTBE wordt groei verondersteld. Toevoegingen op basis van biomassa kunnen een rol gaan spelen, bijvoorbeeld de productie van ETBE uit aangevoerde ethanol. Productie van biodiesel of ethanol ligt minder voor de hand in het HIC, omdat dit relatief eenvoudig en goedkoop bij de bron kan plaatsvinden.
- Ook restproducten van de olieraffinage blijven nieuwe ontwikkelingen gunstig beïnvloeden. De beschikbaarheid van benzeen zal een rol gespeeld hebben bij de vestiging van de propheenoxide/styreenfabriek op de Maasvlakte. Dat geldt eveneens voor petroleumcokes en de vestiging van Astral. Indirect was de aanwezigheid van aromatenproductie een vestigingsvoordeel voor de PTA/PET fabriek. Nieuwe capaciteit zal gebaseerd kunnen zijn op aromaten, maar mogelijk ook zwavel.
- Nieuwe fijnchemie met veel toegevoegde waarde en dus hoogwaardige arbeid zal het HIC niet automatisch opzoeken. Een toplocatie in logistiek opzicht biedt mogelijkheden voor omvangrijke laagwaardige stromen en verantwoorde behandeling van milieuhygiënisch problematische stoffen. Voor fijnchemie is het logistieke voordeel juist veel minder belangrijk dan de werk- en leefomgeving. In de prognose wordt gerekend met een lichte groei van de fijnchemie.

- Scheiding, recycling en verwerking van specifieke afvalstromen zal onder druk van Europese wetgeving (en handhaving) steeds kostbaarder worden en kansen bieden voor het HIC. Logistieke en schaalvoordelen en milieubeleid spelen daarbij een belangrijke rol. Verwerking van relatief zuivere stromen ligt minder voor de hand. Kunststoffen komen eerder terecht bij etheencomplexen, schoon schroot bij hoogovens en schone biomassa bij de papier- of alcoholindustrie.
- De vraag naar waterstof is nauw verbonden met de olieontzwaveling in de raffinage. Voor de productie van waterstof is zuurstof noodzakelijk. Momenteel voorzien de raffinaderijen grotendeels in hun eigen waterstofbehoefte, maar voor de benodigde zuurstof maken ze wel gebruik van luchtscheidinginstallaties van gespecialiseerde bedrijven. De strengere Europese normen ten aanzien van het zwavelgehalte van autobrandstoffen zullen leiden tot een stijgende vraag naar waterstof met daaraan gekoppeld een stijgende zuurstofvraag. Deze effecten spelen vooral voor 2010 een grote rol. Verder zal de geleidelijke groei van oxy-fuel combustion, die hogere efficiencies paart aan lagere emissies van NO_x, de groei van de zuurstofvraag mogelijk nog wat verder vergroten. Dit effect zal naar verwachting pas na 2010 dominant zijn.

Besparing op finaal energiegebruik binnen de bestaande chemische processen zal niet met grote sprongen meer kunnen plaatsvinden. Op basis van de opgegeven besparingsmogelijkheden in het kader van Benchmarking en MJA-2 is het potentieel circa 10% tot 2010. Dat is nog inclusief voorwaardelijke en in studie zijnde projecten. Het daaruit voortvloeiende besparingstempo ligt dus op ongeveer 1% per jaar. Uit de recente besparingsverkenning (Icarus 4) zijn slechts enkele aanknopingspunten te vinden voor verdergaande specifieke besparing in het HIC. In het algemeen sluiten de generieke maatregelen in de chemie aan bij het veronderstelde besparingstempo van minder dan 1% per jaar. Dit geldt ook voor een specifiek geval als de chloorproductie met het membraanproces in het HIC. Nog wel belangrijke vooruitgang is te boeken met membraan-technologie in specifieke processen zoals isopropanol.

Nieuwe capaciteit door uitbreiding of vervanging zal nog wel leiden tot sprongsgewijze efficiencyverbetering. Dat gaat evenwel eerder gepaard met toename van CO₂-emissies: nieuwe capaciteit is immers altijd groter. Afname van emissies door sluiting van bedrijven is moeilijk te prognosticeren maar het betreft in het algemeen minder efficiënte en oudere fabrieken, zoals recent Kemira Rozenburg. In macro-opzicht leiden nieuwe vestigingen en sluiten van vestigingen dus tot een hoger besparingstempo dan kan worden afgeleid uit de besparingsmogelijkheden op bestaande fabrieken. In de prognose is hiervoor een correctie uitgevoerd.

Voor de chemie wordt een forse toename van stoomlevering door joint venture WKK verondersteld. Van 280 MW_e in 2003 naar 550 MW in 2020. Overall wordt hiermee een forse besparing op primaire energie gerealiseerd (zie ook Paragraaf 4.3).

Bovenstaande ontwikkelingen leiden tot het volgende beeld van het energiegebruik in de chemie in 2010 en 2020.

Tabel 4.1 *Prognose energiegebruik chemie (incl. industriële restgassen) HIC 2002-2020*

	2002	2010	2020
Elektriciteitsconsumptie [PJ _e]	13,2	17,4	19,8
w.v. uit WKK	2,5	2,5	2,5
Netto levering door derden	10,7	14,9	17,3
Warmtevraag [PJ _{th}]	47,0	72,3	86,8
w.v. uit WKK	6,1	5,4	5,4
w.v. uit ketels	21,1	39,1	43,9
Netto levering door derden	19,7	27,7	37,5
Energetisch verbruik brandstoffen inclusief inzet WKK [PJ _p]			
Aardgas	16,1	35,2	40,6
Olie	12,6	12,5	11,9
Kolen	2,5	2,6	2,7
Restgassen	3,0	3,0	3,0
Overig	2,2	2,4	2,7
CO ₂ -emissie [Mton]	2,1	3,2	3,4

Onzekerheden

De belangrijkste onzekerheid in de prognose wordt bepaald door het aantal bedrijven dat het HIC kiest als vestigingsplaats en het type bedrijven (in termen van energiegebruik) dat zich in het HIC gaat vestigen. De relatief forse groei in CO₂-emissie tussen 2002 en 2010 wordt voor ongeveer de helft ingevuld door de nieuwe vestiging van Lyondell-Bayer. Voor de chemie geldt dan ook meer dan voor de andere sectoren dat de resultaten sterk beïnvloed kunnen worden door de vestiging van een (extra) groot energie-intensief bedrijf.

4.2 Raffinage

4.2.1 Raffinage: prognose 2010

Tot 2010 (maar ook in de periode daarna) zal door de afspraak met de automobiellindustrie om tot zuiniger personenauto's te komen de vraag naar autobrandstoffen minder hard groeien. Tevens zal er door het convenant een verschuiving van benzine naar diesel optreden. Naar verwachting zal de vraag naar diesel voor vrachtauto's en kerosine voor vliegtuigen ook doorgroeien. Door isolatie en andere besparingsmaatregelen zal de (voornamelijk Duitse) vraag naar huisbrandolie niet sterk meer stijgen. Verwacht wordt dat de vraag naar nafta als grondstof voor kunststof wel verder toeneemt.

De Nederlandse raffinaderijen hebben de afgelopen jaren op maximumcapaciteit gedraaid. Bij grootonderhoud beurten wordt reeds getracht om de ruwe olie capaciteit door beperkte aanpassingen te vergroten. Door de ligging in het HIC Rotterdam, met veel opslag- en afzetfaciliteiten, kunnen ze snel inspringen op veranderingen in de markt. Volgens informatie van de sector hebben de raffinaderijen in Nederland daarom een hogere doorzet kunnen draaien dan concurrerende raffinaderijen die hun ruwe olie via een pijplijn krijgen aangevoerd.

In recente literatuur wordt de verwachting uitgesproken dat rond 2007 een tekort aan raffinagecapaciteit ontstaat in Noord-Amerika en Europa. Op dat moment is er additionele capaciteit nodig. De sector geeft zelf aan dat gezien de lage winstmarges op dit moment nieuwbouw niet de

meest waarschijnlijke optie is.¹⁸ Wel moet fors geïnvesteerd worden in secundaire raffinagecapaciteit. Allereerst om aan de milieunormen te voldoen, maar ook voor de verwerking van zware residuen tot hoogwaardige producten (met als gevolg dat er minder zware stookolie en bunkerolie geproduceerd zal worden). Dit laatste leidt direct tot een scherpe stijging van het brandstofverbruik.

De toename van diesel en kerosine en de scherpere brandstofeisen zullen leiden tot een verdere toename van hydrocracking capaciteit. Tot 2010 wordt uitgegaan van een 5% capaciteitsgroei t.o.v. 2000, en een stabilisatie (in tonnen) van de productie van zware stookolie en bunkerolie. Bunkerolie zal deels met een lager zwavelgehalte geproduceerd moeten worden in verband met Europese SO₂-eisen.

In de berekeningen wordt tevens uitgegaan van een aanscherping van de SO₂-emissie voor de energie ingezette brandstof van 1000 naar 500 mg per m³ rookgas.¹⁹

Wat betreft WKK wordt aangenomen dat de meeste installaties ook in 2010 nog in bedrijf zijn. Eén raffinaderij heeft in het kader van de Benchmark aangegeven de huidige WKK te vervangen door een nieuwe installatie. Daarnaast is in de 2010 prognose rekening gehouden met 125 ton per uur stoomlevering van Rijnmond Energie aan Shell Pernis (zie ook Paragraaf 4.3). Aangenomen is dat dit additionele stoomvraag is. Rijnmond Energie is een joint venture WKK. Verondersteld wordt dat ook de nieuwe WKK-installatie in joint venture beheer bedreven zal worden omdat deze beheervorm in een liberale elektriciteitsmarkt aantrekkelijker is dan eigen beheer.²⁰ Voor de energiebalans van de raffinage betekent dit dat een deel van de huidige stoomproductie en elektriciteitsproductie buiten de eigen sectorgrens plaats gaat vinden.

Bovenstaande ontwikkelingen leiden tot het onderstaande energieplaatje voor 2010.

Tabel 4.2 *Prognose energiegebruik raffinage HIC 2002-2010*

	2002	2010
Elektriciteitsconsumptie [PJ _e]	6,6	8,7
w.v. uit WKK	8,4	7,2
Netto levering aan (-) c.q. door (+) derden	-1,9	1,6
Stoom- en ondervuringsvraag [PJ _{th}]	106,7	125,9
w.v. uit WKK	30,5	27,0
w.v. uit ketels	84,1	101,4
Netto levering aan derden ¹⁾	-8,0	-2,4
Energetisch verbruik brandstoffen inclusief inzet WKK [PJ _p]		
Aardgas	30,4	26,3
Olie	145,7	172,5
Restgassen	-3,0	-6,1
CO ₂ -emissie [Mton]	10,9	12,3

¹⁾ stoomlevering aan de chemie

¹⁸ Recent is in het kader van het CO₂-Streefwaarden Project door ECN met een afvaardiging van de Nederlandse raffinaderijen overleg gevoerd over de ontwikkeling (en de achtergronden van die ontwikkeling) van het energiegebruik door de raffinagesector.

¹⁹ Dit naar aanleiding van reeds geaccordeerde EU-wetgeving. Er is tevens sprake van een overeenkomst tussen de Provinciale Overheid van Zuid-Holland en de raffinaderijen om de SO₂-emissie van de eigen brandstof op het niveau van aardgas te brengen na 2007. Op de lange termijn biedt dit de raffinaderijen de mogelijkheid over te gaan op het stoken van schone olie verkregen via een vergassingsstap. Mogelijk dat de afspraak met de Provincie ertoe leidt dat bedrijven tijdelijk aardgas gaan stoken. In de prognose is deze afspraak niet meegenomen. Aangenomen wordt dat bedrijven kiezen voor schone oliestook als lange termijn oplossing.

²⁰ Dit geldt vooral als een deel van de elektriciteitsproductie door de WKK niet zelf gebruikt wordt.

Onzekerheden

De belangrijkste onzekerheid in de 2010 prognose betreft het aandeel zware olieproducten in de output. Wanneer de realisaties een paar procent boven of onder de aannamen liggen, kan dit forse consequenties hebben voor het energiegebruik. Een tweede onzekerheid betreft de stoomlevering door joint venture WKKs. Indien de stoom door de sector zelf opgewekt wordt komt de CO₂-emissie van de raffinage 0,3 Mton hoger te liggen. Dientengevolge zou de emissie van de joint venture WKK, zie Paragraaf 4.3, lager uitkomen.

4.2.2 Raffinage: prognose 2020

Na 2010 gaat de winning van Noordzeeolie verder afnemen. Dit is relatief lichte ruwe olie. Hoewel de afname van lichte ruwe olie een wereldwijde tendens is, zal er in 2020 nog voldoende lichte ruwe olie op de markt zijn. Additioneel op de markt is zware synthetische olie uit leisteen (Canada) of teer (Venezuela) en zeer licht aardgascondensaat uit Rusland. Verwacht wordt dat ook biobrandstof en olie gemaakt uit aardgas op de markt zullen komen maar dat dit niet in dermate grote hoeveelheden en op die plaatsen zal gebeuren dat dit de productie van de Nederlandse raffinaderijen verstoort.²¹

Ingeschat wordt dat de doorzet in de periode 2010-2020 toeneemt met 5%. De vraag naar benzine daalt niet verder, de groei van de naftavraag vlakt af en de afzet van zware olie blijft constant. Diesel en kerosine zullen wel verder groeien. Door de stabilisatie van zware olie afzet neemt het relatieve aandeel in de productie af en zal er dus extra geïnvesteerd worden in installaties als hycon en flexicoker.

Ingeschat wordt dat in de periode 2010-2020 een extra WKK-installatie wordt geplaatst. Dit zal wederom een joint venture zijn die de geproduceerde stoom aan een raffinaderij zal leveren. Daarnaast wordt aangenomen dat Rijnmond Energie in 2020 300 ton stoom per uur (ontwerpcapaciteit) aan Shell Pernis levert. Zie ook Paragraaf 4.3.

Het WKK-potentieel voor ondervuring van fornuizen is aanzienlijk. In een eerdere prognose van het energiegebruik in het HIC tot 2010 (Hendriks 1995) wordt gesproken over een elektrisch vermogen van 600-700 MW_e (ofwel: 750-900 MW_{th}). Hoewel er in de jaren negentig concrete plannen zijn ontwikkeld voor de bouw van dergelijke installaties (o.a. door Nerefco) is het potentieel vooralsnog niet ingevuld. In de prognose voor 2020 wordt rekening gehouden met een bescheiden invulling van dit potentieel dat gerealiseerd zou moeten worden bij de vervanging van oude installaties. Dit gaat dan om 120 MW_e waarbij verondersteld wordt dat de installaties in joint venture beheer bedreven zullen worden (zie ook Paragraaf 4.4)

Bovenstaande ontwikkelingen vertalen zich als volgt in energiegebruik voor 2020.

Onzekerheden

Voor de prognose voor 2020 gelden de volgende belangrijke onzekerheden:

- aandeel zware olieproducten in de output (zie ook Paragraaf 4.2.1),
- het type ruwe olie (c.q. aandeel van de verschillende typen) dat in het HIC verwerkt wordt,
- het relatieve aandeel van benzine, diesel en kerosine in de productmix,
- de (Europese) ontwikkeling van de olievraag,
- de toekomstige strategie van het Midden-Oosten (i.p.v. export van olie, export van olieproducten),
- indien de stoom geleverd door joint venture WKK door de sector zelf opgewekt wordt, resulteert dit in een 0,8 Mton hogere CO₂-emissie; De CO₂-emissie van de sector joint venture WKK (zie volgende Paragraaf) zou dan dientengevolge lager uitkomen.

²¹ Zie ook Paragraaf 4.6.

Tabel 4.3 *Prognose energiegebruik raffinage HIC 2002-2020*

	2002	2010	2020
Elektriciteitsconsumptie [PJ_e]	6,6	8,7	9,8
w.v. uit WKK	8,4	7,2	6,5
Netto levering aan (-), c.q. door (+) derden	-1,9	1,6	3,2
Stoom- en ondervuringsvraag [PJ_{th}]	106,7	125,9	142,4
w.v. uit WKK	30,5	27,0	21,5
w.v. uit ketels	84,1	101,4	115,6
Netto levering aan (-) c.q. door (+) derden	-8,0	-2,4	5,2
Energetisch verbruik brandstoffen inclusief inzet WKK [PJ_p]			
Aardgas	30,4	26,3	25,1
Olie	145,7	172,5	190,2
Restgassen	-3,0	-6,1	-9,1
CO ₂ -emissies [Mton]	10,9	12,3	13,2

4.3 Joint venture WKK

4.3.1 Joint venture WKK: prognose 2010

Verwacht wordt dat in 2010 bijna 1200 MW_e WKK-vermogen staat opgesteld. Dit betreft de installaties die in 2002 al in bedrijf waren (ongeveer 200 MW_e) alsmede de recent in gebruik genomen centrale van E.ON en Lyondell/Bayer (70 MW_e) en de grote Rijnmond Energie centrale (790 MW_e). Aangenomen wordt dat in de periode 2005-2010 nog 120 MW_e extra joint venture vermogen wordt gerealiseerd. Dit betreft een extra installatie bij de chemie voor de dekking van nieuwe stoomvraag (zie Paragraaf 4.1) en een nieuwe WKK in de raffinage die een bestaande installatie (eigen beheer) vervangt. Met betrekking tot de Rijnmond Energie centrale is aangenomen dat in 2010 125 ton stoom per uur aan Shell Pernis geleverd wordt.²²

Tabel 4.4 *Prognose energiegebruik joint venture WKK HIC 2002-2010*

	2002	2010
Elektriciteitsproductie [PJ_e]	5,6	32,0
Stoomproductie [PJ_{th}]	11,4	25,3
Inzet aardgas [PJ_p]	18,7	74,4
Inzet restgassen [PJ_p]	0,0	3,1
CO ₂ -emissie [Mton]	1,1	4,3

Onzekerheden

Belangrijkste onzekerheid met betrekking tot CO₂-emissies:

- Indien verondersteld wordt dat meer stoom door joint venture WKK wordt geproduceerd i.p.v. ketels (dit is bijvoorbeeld afhankelijk van de inzetstrategie van Rijnmond Energie: basislast of pieklast centrale), dan zal de emissie van de sector joint venture WKK stijgen, terwijl die van de chemie en raffinage daalt. De daling van de emissies in de chemie en raffinage is kleiner dan de stijging bij de joint venture WKK vanwege de elektriciteitsproductie die met WKK gerealiseerd wordt. Overall zorgt WKK uiteraard wel voor een lagere emissie.

²² Ontwerpcapaciteit is 300 ton per uur.

4.3.2 Joint venture WKK: prognose 2020

Ingeschat wordt dat in 2020 1570 MW_e joint venture WKK-vermogen in het HIC staat opgesteld. De groei van 370 MW_e tussen 2010 en 2020 wordt deels gerealiseerd in de chemie (200 MW_e) in de vorm van een twee of drie nieuwe utility islands en deels in de raffinage (170 MW_e). Zoals aangegeven in Paragraaf 4.2 betreft de raffinage WKK een nieuwe installatie voor stoomproductie en twee installaties voor ondervuring van fornuizen. Aangenomen is dat de groei van WKK-vermogen ongeveer gelijke tred houdt met de groei van de stoomvraag in beide sectoren, waarbij het aandeel van WKK in de totale stoomproductie ongeveer gelijk blijft. Bij de interpretatie van de cijfers moet rekening gehouden worden met het feit dat in de prognose verondersteld is dat alle nieuwe WKK in joint venture beheer bedreven gaan worden. De sector joint venture WKK groeit daardoor sterk. Deels wordt dit echter gecompenseerd door een lagere groei van de sectoren chemie en raffinage.

Tabel 4.5 *Prognose energiegebruik joint venture WKK HIC 2002-2020*

		2002	2010	2020
Elektriciteitsproductie	[PJ _e]	5,6	32,0	42,0
Stoom-/proceswarmteproductie	[PJ _{th}]	11,4	25,3	42,5
Inzet aardgas	[PJ _p]	18,7	74,4	104,5
Inzet restgassen	[PJ _p]	0,0	3,1	6,1
CO ₂ -emissie	[Mton]	1,1	4,3	6,1

Onzekerheden

Belangrijkste onzekerheden met betrekking tot CO₂-emissies:

- De sterke groei van de sector kan kleiner uitvallen indien sectoren besluiten nieuwe WKK in eigen beheer te bedrijven. Voor het HIC als geheel heeft dit geen invloed op de emissies.
- Indien verondersteld wordt dat meer stoom en proceswarmte door joint venture WKK wordt geproduceerd i.p.v. ketels en fornuizen, dan zal de emissie van deze sector stijgen, terwijl die van de chemie en raffinage daalt. De daling van de emissies in de chemie en raffinage is kleiner dan de stijging bij de joint venture WKK vanwege de elektriciteitsproductie die met WKK gerealiseerd wordt. Overall zorgt WKK uiteraard wel voor een lagere emissie.

4.4 Elektriciteit en stadsverwarming

4.4.1 Elektriciteit en stadsverwarming: prognose 2010

Volgens netbeheerder TenneT staan er als gevolg van de huidige marktsituatie met een internationale overcapaciteit aan productievermogen weinig grote nieuwbouwprojecten op stapel.²³ De meeste investeringsprojecten zullen zich eerder richten op het in stand houden van bestaande capaciteit dan op nieuwbouw. Dit gaat niet op voor het HIC, waar de Rijnmond Energie centrale (voormalig Intergen) en de joint venture WKK van E.ON en Lyondell/Bayer inmiddels in bedrijf genomen zijn (zie ook Paragraaf 2.3). TenneT verwacht in 2006 nog een 600 MW_e centrale die hetzij in de Eemshaven, in de IJmond, bij Borssele of op de Maasvlakte gebouwd zal worden. Dit project is gebaseerd op mogelijke ontwikkelingen in de gasprijzen waardoor de concurrentiepositie van elektriciteitsproducenten in Nederland zal toenemen en er ruimte komt voor additioneel gasgestookt vermogen. De geprojecteerde locaties betreffen zeelocaties uit het tweede Structuurschema Elektriciteitsvoorziening. Nieuwbouw van kolencentrales is minder waarschijnlijk in verband met de hogere investeringskosten en onzekerheden met betrekking tot Europees CO₂-beleid, hoewel ook deze mogelijkheid (na 2010) niet uitgesloten moet worden.

²³ TenneT (2002) Capaciteitsplan 2003-2009.

Voor de 2010 prognose wordt aangenomen dat locatiekeuze voor de nieuw te bouwen centrale op de Maasvlakte zal vallen.²⁴

Aangenomen wordt dat beide Maasvlakte centrales (respectievelijk 21 en 22 jaar oud) in 2010 nog steeds in bedrijf zijn en dat tot 10% biomassa wordt meegestookt.²⁵ Tevens wordt aangenomen dat de Galilei centrale (21 jaar oud) en ROCA-1 en 2 (beide 27 jaar oud) nog steeds in bedrijf zijn. Ook de ROCA-3 centrale (13 jaar oud) zal in 2010 nog steeds elektriciteit en warmte produceren. Het aantal vollast draaiuren van de zes centrales wordt verondersteld gelijk te zijn aan die in 2002. Op basis van de actuele stand van zaken van het Benchmark convenant concludeert DCMR dat binnen de huidige configuraties weinig tot geen kosteneffectieve besparingsmaatregelen te realiseren zijn. Dit leidt tot het volgende energieplaatje in 2010:

Tabel 4.6 *Prognose energiegebruik sector elektriciteit en stadsverwarming HIC 2002-2010*

		2002	2010
Elektriciteitsproductie	[PJ _e]	33,4	46,4
Warmteproductie	[PJ _m]	7,5	7,5
Inzet kolen	[PJ _p]	60,4	58,4
Inzet aardgas	[PJ _p]	20,8	44,4
Inzet overig ¹⁾	[PJ _p]	4,8	6,5
CO ₂ -emissie	[Mton]	6,9	8,0

1) waaronder biomassa (10% meestoken o.b.v. energie-input)

Onzekerheden

Belangrijkste onzekerheden met betrekking tot CO₂-emissies:

- niet bouwen nieuwe 600 MW_e STEG centrale op de Maasvlakte (-1,3 Mton),
- vollasturen kolencentrales (indien 10% minder dan in 2002: -0,6 Mton),
- substitutie kolen door biomassa (indien Maasvlakte centrales in 2010 een evenredige bijdrage aan Kolenconvenant leveren: -0,2 Mton).

4.4.2 Elektriciteit en stadsverwarming: prognose 2020

Bij het maken van een 2020 prognose voor de sector Elektriciteit en stadsverwarming spelen een aantal onzekerheden een belangrijke rol. De belangrijkste in termen van CO₂-emissie is het wel of niet doordraaien van beide Maasvlakte centrales die in 2020 respectievelijk 31 en 32 jaar oud zijn. Een groot aantal factoren spelen hierbij een rol zoals de technische conditie van de installaties, de eventuele investeringen die nodig zijn om de installaties door te laten draaien, de ontwikkeling van de CO₂-markt etc. De meest waarschijnlijke ontwikkeling is dat de Maasvlakte centrales in 2020 nog steeds elektriciteit produceren, vanwege de ook dan nog lage marginale kosten van elektriciteitsproductie en de dan (verwachte) lage prijs van CO₂. In de prognose wordt er vanuit gegaan dat na 2010 een 50 MW_e wervelbedverbrander, gestookt op biomassa, aan de Maasvlakte centrales wordt toegevoegd. Voor dit project liggen momenteel al plannen op de plank.

Een andere belangrijke onzekerheid betreft de Rotterdamse stadsverwarmingcentrales die in 2020 ouder dan 30 jaar zijn. Hier zijn een aantal opties mogelijk: 1) doordraaien na groot onderhoud, 2) investeren in nieuwe centrales, 3) aansluiting van het stadsverwarmingnet op een industrieel restwarmtenet. Voor de 2020 prognose wordt uitgegaan van optie 1 als meest waar-

²⁴ Voor deze centrale is geen levering van stoom of warmte verondersteld. Voor het elektrisch rendement is 56,5% aangenomen. Indien de centrale wel stoom gaat leveren levert dit ten opzichte van het alternatief gescheiden opwekking van stoom en elektriciteit 0,15 Mton CO₂-reductie op. Aangenomen wordt dat er voldoende koelwatercapaciteit aanwezig is voor deze nieuwe centrale.

²⁵ Indien de Maasvlakte centrales een evenredige bijdrage aan het kolenconvenant zouden leveren (voor alle kolencentrales: minus 3 Mton door mee- en bijstoken in de periode 2008-2012), dan zou 13% van de energie-input biomassa moeten zijn.

schijnlijke business as usual ontwikkeling. Aangegeven zal worden wat de CO₂-winst is indien overgegaan wordt op nieuwbouw. In Paragraaf 4.6 wordt optie 3 (als onderdeel van het transitiethema restwarmtebenutting) besproken.

Ook voor de periode 2010-2020 wordt (landelijk) een verdere groei van de elektriciteitsproductie verwacht. Naast het uit gebruik nemen van oude centrales zullen ook nieuwe centrales gebouwd moeten. Het HIC geldt daarvoor als een aantrekkelijke locatie door de aanwezigheid van ruimte (evt. ook Maasvlakte 2) en de beschikbaarheid van koelwater.²⁶ Ingeschat wordt dat tussen 2010 en 2020 600 MW_e nieuw vermogen bijgebouwd zal worden. Aangenomen wordt dat dit een aardgasgestookte STEG²⁷ zal zijn.

Bovenstaande leidt tot de volgende prognose van het energiegebruik in 2020:

Tabel 4.7 *Prognose energiegebruik sector elektriciteit en stadsverwarming HIC 2002-2020*

		2002	2010	2020
Elektriciteitsproductie	[PJ _e]	33,4	46,4	60,1
Warmteproductie	[PJ _{th}]	7,5	7,5	7,5
Inzet kolen	[PJ _p]	60,4	58,4	58,4
Inzet aardgas	[PJ _p]	20,8	44,4	66,1
Inzet overig ¹⁾	[PJ _p]	4,8	6,5	8,8
CO ₂ -emissie	[Mton]	6,9	8,0	9,2

¹⁾ waaronder biomassa (10% meestoken in Maasvlakte centrales o.b.v. energie-input + 50 MW_e wervelbedverbrander)

Onzekerheden

Belangrijkste onzekerheden met betrekking tot CO₂-emissies.

- Niet bouwen nieuwe 600 MW_e STEG centrale (-1,3 Mton).
- Extra 600 MW_e STEG-centrale (+1,3 Mton).
- Bouw kolencentrale i.p.v. STEG-centrale (+1,4 Mton).
- Sluiting kolencentrales en vervanging elektriciteitsproductie door aardgas gestookt vermogen (-2,9 Mton).
- Sluiting Galilei en ROCA 1 + 2 en vervangen door nieuwe efficiënte centrales (-0,1 Mton).
- Sluiting Galilei en ROCA 1 + 2 en aansluiting stadsverwarming op industrieel restwarmtenet (-0,3 Mton, zie Paragraaf 4.6).

4.5 Overzicht energiegebruik 2002-2020

In de onderstaande tabel wordt een totaal overzicht gegeven van de energieprognose voor HIC Rotterdam in de periode 2002-2020. Naar verwachting zal zowel de elektriciteitsconsumptie als de totale warmtevraag met ongeveer 50% stijgen. Dit geldt ook voor de CO₂-emissie in het HIC ondanks de forse toename van het relatieve aandeel aardgas en de groei in het verbruik van biomassa, waardoor een afname van de CO₂-intensiteit verwacht zou mogen worden. De verklaring hiervoor is dat de aardgas en de biomassa vooral voor elektriciteitsproductie ingezet worden. In de periode 2002-2020 groeit de rol van het HIC (i.e. de vier onderzochte sectoren) als netto exporteur van elektriciteit. In 2002 bedroeg deze netto 'export' 30 PJ_e, terwijl die in 2020 stijgt naar bijna 82 PJ_e.²⁸ Het is vooral deze elektriciteit waarvoor de CO₂-uitstoot per kWh is afgenomen.

²⁶ In deze studie wordt aangenomen dat er voldoende koelwater beschikbaar is.

²⁷ Voor deze centrale is geen levering van stoom of warmte verondersteld. Voor het elektrisch rendement is 58% aangenomen. Indien de centrale wel stoom zou leveren levert dit een CO₂-reductie van ruim 0,1 Mton op (ten opzichte van de situatie waarin elektriciteit en stoom gescheiden worden opgewekt).

²⁸ Export is hier in strikte zin niet het juiste woord. De resultaten beperken zich tot vier sectoren in het HIC. De in deze studie niet onderzochte sectoren die ook in het HIC vertegenwoordigd zijn (industrie, huishoudens, transport) consumeren ook elektriciteit, waardoor de feitelijke export uit het HIC regio naar elders kleiner is.

Tabel 4.8 *Overzicht prognose energiegebruik chemie, raffinage, joint venture WKK, elektriteitsproductie en stadsverwarming HIC Rotterdam 2002-2020*

	2002	2010	2020
Elektriciteitsconsumptie [PJ _e]	19,7	26,1	29,5
w.v. uit WKK	16,5	41,7	51,1
Netto levering door (+) of aan (-) derden (a)	3,3	-15,6	-21,6
Elektriciteitsproductie door sector elektriciteit en stadsverwarming [PJ _e] (b)	33,4	46,4	60,1
Netto export elektriciteit door de sectoren [PJ _e] (b - a)	30,1	62,0	81,7
Stoom- en ondervuringsvraag [PJ _{th}]	153,7	198,2	229,2
w.v. uit WKK	48,0	57,7	69,5
w.v. uit ketels	105,7	140,4	159,7
Warmteproductie door sector elektriciteit en stadsverwarming [PJ _{th}]	7,5	7,5	7,5
Energetisch verbruik brandstoffen inclusief inzet WKK [PJ _p]			
Aardgas	86,0	180,3	236,3
Olie	158,3	185,0	202,0
Kolen	62,9	61,0	61,1
Overig w.o. biomassa	7,0	8,9	11,5
Totale CO ₂ -emissie [Mton]	21,0	27,8	32,0
w.v. CO ₂ -emissie t.b.v. finaal energiegebruik ¹⁾ [Mton]	14,1	18,3 ²⁾	20,7 ²⁾

¹⁾ i.e. gecorrigeerd voor netto export elektriciteit

²⁾ waarbij besparing door WKK evenredig toegerekend aan elektriciteit en warmte

Belangrijkste veronderstellingen

De belangrijkste veronderstellingen bij deze uitkomsten zijn de volgende:

- De raffinage blijft ook in de toekomst een sterke invloed op de chemie in het HIC houden. Daarbij gaat het om de verwachte groei van bestaande spin-off van de olieraffinage (o.a. aromaten) alsmede om activiteiten gelieerd aan restproducten (o.a. benzeen) van de raffinage.
- Uitbreiding secundaire raffinagecapaciteit (vanwege milieunormen en verwerking van zware residuen tot hoogwaardige producten), geen uitbreiding primaire capaciteit.
- Afvlakking groei autobrandstoffen, shift van benzine naar diesel.
- De vraag naar diesel voor vrachtwagens en de vraag naar kerosine blijft groeien.
- De verwachte doorzetgroei van de raffinage tussen 2010-2020 bedraagt 5%.
- Er komt geen nieuwe capaciteit voor eerstelijns basischemicaliën (ethyleen, methanol, ammoniak).
- Concentratie chloorproductie in het HIC.
- Lichte groei van de fijnchemie.
- Joint venture WKK vermogen groeit van 200 MW_e (2002) naar 1570 MW_e (2020).
- Kolengestookte Maasvlakte centrales zijn in 2020 nog in bedrijf.
- Inzet biomassa voor elektriciteitsopwekking verdubbelt, o.a. door bouw 50 MW_e wervelbedverbrander.
- Stadsverwarmingseenheden blijven doordraaien;
- Bouw van twee nieuwe hoog efficiënte STEG-centrales voor elektriciteitsproductie;
- Lopend beleid: Benchmark convenant, MJA-2, Kolenconvenant, emissiehandel, verguningsbeleid, REB, MEP, EIA, aanscherping brandstofeisen.

Verdisconteerd in de prognose zijn efficiency verbeteringen en energiebesparing als gevolg van autonome ontwikkelingen zoals bijvoorbeeld het vervangen van technisch afgeschreven procesinstallaties en ontwikkelingen die geïnduceerd zijn door beleid zoals het Benchmark en MJA-2

convenant. Door efficiencyverbeteringen en besparing wordt in 2020 3,3 PJ minder elektriciteit geconsumeerd. Dit komt overeen met een CO₂-reductie van 0,3 Mton.²⁹ De CO₂-reductie als gevolg van besparing op brandstof bedraagt 1,5 Mton in 2020. Deze cijfers zijn exclusief WKK. De CO₂-emissiereductie in 2020 als gevolg van het extra WKK vermogen dat in de periode 2002-2020 in gebruik genomen bedraagt 0,3 Mton.³⁰ De extra inzet van biomassa, voornamelijk een uitvloeisel van het kolenconvenant, levert in 2020 een reductie van 0,4 Mton op.³¹ Dit betekent dat door lopend beleid en autonome ontwikkelingen de vermeden uitstoot van CO₂ in 2020 in totaal 2,5 Mton bedraagt. De vermeden CO₂-emissie voor finaal energieverbruik in het HIC bedraagt ca. 2,0 Mton.³²

Bandbreedte

De bandbreedte in de prognose op basis van de in Paragraaf 4.1 t/m 4.4 besproken onzekerheden bedraagt voor 2010 25-28 Mton (totale emissie) en voor 2020 24-34 Mton (idem). De relatief grote bandbreedte in 2020 wordt voor een belangrijk deel verklaard door de 2010 onzekerheid die zich doorvertaalt naar 2020 en voor een ander belangrijk deel door de onzekerheid m.b.t. invulling van de tweede Maasvlakte en het continueren van de inzet van de Maasvlaktecentrales na 2020. Vervanging van de Maasvlaktecentrales door aardgasgestookte STEGs met een equivalent elektrisch vermogen zou een zeer forse CO₂-reductie bewerkstelligen. De uitkomsten in de tabel kunnen gezien worden als de meest waarschijnlijke prognose bij gegeven verwachtingen wat betreft beleid en marktontwikkelingen.

4.6 Ruimte voor extra CO₂-reductie in 2020

In het rapport 'Op weg naar duurzaam Rijnmond' zijn de volgende elf transitithema's gedefinieerd:

1. restwarmte
2. reststoffen
3. stoomnetwerken
4. methanolketen
5. waterstofketen
6. decentrale conversie van energie
7. agro-industriële combinatie
8. herinrichting bestaand gebied
9. inrichting Maasvlakte 2
10. PV-systemen
11. CO₂-netwerk.

In deze Paragraaf wordt per thema aangegeven wat in 2020 de mogelijke extra reductie van CO₂ kan zijn ten opzichte van de prognose op basis van lopend beleid zoals samengevat in de voorgaande Paragraaf. Het betreft een globale kwantitatieve inschatting van deze reductie, waarbij de vereiste omvang van investeringen, de vereiste prijs van CO₂ en de vereiste regelgeving en bestuurlijke processen niet nader worden beschouwd.

²⁹ Voor de berekening is aangenomen dat door besparing op elektriciteitsconsumptie meer WKK-electriciteit op het net gezet wordt en hierdoor de bouw van extra nieuw vermogen (58% aardgas STEG) vermeden wordt. Indien geredeneerd wordt dat de WKK elektriciteit overdag gascentrales verdringt en 's nachts kolencentrales, dan geldt dat het gemiddelde referentierendement lager is en de gemiddelde CO₂-emissiefactor hoger. Onder deze aannamen zou de emissiereductie door besparing op elektriciteitsconsumptie fors hoger uitpakken.

³⁰ Als referentie is gekozen voor de marginale centrale, d.w.z. die centrale die gebouwd zou zijn in plaats van de WKK. De referentierendementen voor gescheiden opwekking waarmee deze cijfers zijn uitgerekend bedragen voor 2020 58% elektrisch (aardgas gestookt) en 90% thermisch (idem).

³¹ Hiervoor is als referentie de Maasvlakte Centrale gekozen, omdat kolenstook in dit geval het alternatief voor biomassa is.

³² De reductie door WKK wordt toegerekend aan de geproduceerde elektriciteit. Deze wordt voor ongeveer 50% in de betrokken sectoren geconsumeerd.

De genoemde thema's richten zich op het gehele HIC als experimenteerruimte, dit in tegenstelling tot deze studie die zich beperkt heeft tot de sectoren chemie, raffinage, joint venture WKK en elektriciteitsproductie en stadsverwarming en het *energetisch* verbruik van energie. Daar waar een thema verder gaat dan de voorgaande analyse zal dit aangegeven worden. De Paragraaf wordt afgesloten met een overzichtstabel (Paragraaf 4.6.12) waarin de opties voor extra CO₂-reductie in 2020 op een rij worden gezet.

4.6.1 Restwarmte

Industriële restwarmtebenutting staat al heel lang op de energie agenda van het HIC. Initiatieven op dit gebied zijn in het verleden steeds vastgelopen op onder andere de financiële haalbaarheid en de aan de projecten verbonden risico's. Het lopend beleid biedt geen oplossing voor deze problemen, waardoor aanvullend beleid noodzakelijk is voor de daadwerkelijke realisatie van projecten (waarvan een overzicht in het recente CE-rapport).³³ Indien bestaande barrières door aanvullend beleid worden weggenomen, zijn er twee projecten die en in 2020 gerealiseerd kunnen zijn en daarnaast een significante bijdrage aan de CO₂-reductie leveren. Dit betreft:

- stadsverwarmingnet Rotterdam (bestaand, 35 duizend woningen)
- nieuw glastuinbouwgebied Oostvoorne en uitbreiding B-driehoek³⁴

Het huidige stadsverwarmingnet wordt gevoed door centrale Galileistraat en ROCA 1 en 2. In 2020 zijn deze centrales respectievelijk 31 en 37 jaar oud en mogelijk aan vervanging toe. Wanneer de warmtelevering door deze centrales wordt vervangen door industriële restwarmte is een CO₂-reductie van ongeveer 0,3 Mton te realiseren.³⁵ Het ligt uiteraard voor de hand ook bij nieuwbouwprojecten tot 2020 de mogelijkheid voor restwarmtebenutting te onderzoeken. Hierbij moet wel bedacht worden dat de warmtevraag voor bestaande stadsverwarming erg hoog is (114 GJ_{th} per woning³⁶) in vergelijking met de warmtevraag van goed geïsoleerde nieuwbouwwoningen die in de toekomst gebouwd gaan worden (+/- 20 GJ_{th} per woning³⁷). Honderdduizend nieuwbouwwoningen aansluiten op een restwarmtenet zou dan 0,1 Mton extra reductie opleveren.³⁸

Volgens opgave van CE bedraagt de warmtevraag van het nieuwe glastuinbouwgebied in Oostvoorne 1,5 PJ_{th}, terwijl de uitbreiding in de B-driehoek naar schatting ongeveer 2,3 PJ_{th} vraagt. Door benutting van industriële restwarmte zou hier samen ongeveer 0,2 Mton CO₂ gereduceerd kunnen worden.³⁹ Wel moet hierbij bedacht worden dat het energiegebruik van de glastuinbouw in Oostvoorne en de B-driehoek buiten het HIC valt en de CO₂-reductie dus ook buiten het HIC plaatsvindt.

4.6.2 Reststoffen

Zoals al aangegeven bij de ontwikkeling van de chemie (Paragraaf 4.1.1) is verwerking van problematische reststoffenstromen een kans voor het HIC. Onder invloed van internationale regelgeving en handhaving wordt deze verwerking steeds kostbaarder en kan nieuwe investeringen uitlokken. Het HIC is vooral uitgerust voor grootschalige stromen uit de raffinage en bulkchemie, maar kan ook ander industrieel afval verwerken alsmede reststromen van AVI's en

³³ Mogelijk aanvullend beleid betreft bijvoorbeeld het scheppen van voorwaarden om restwarmtebenutting onder nutscondities te realiseren.

³⁴ Door CE als kansrijk bestempeld.

³⁵ Dit betreft de netto reductie, waarbij is aangenomen dat de elektriciteit die door Galileistraat en ROCA 1 en 2 werd opgewekt nu wordt opgewekt door een aardgasgestookte STEG centrale met een rendement van 58%.

³⁶ 3600 m³ aardgas equivalent (bij 100% ketelrendement).

³⁷ 630 m³ aardgas waarvan iets minder dan de helft voor warm tapwater.

³⁸ Hierbij is uitgegaan van een HR-ketel (100% rendement) als referentie c.q. meest waarschijnlijke alternatief.

³⁹ Hierbij is uitgegaan van gescheiden opwekking door een aardgasgestookte ketel met een thermisch rendement van 95% als alternatief. De CO₂-reductie valt veel lager uit indien als referentie gekozen wordt voor een WKK installatie of -nog extremer- een energievrije kas.

scheidingsinstallaties. Voor relatief zuivere stromen heeft het HIC minder comparatief voordeel. Het HIC hoeft daardoor niet het imago te krijgen van de chemische afvalbak van Europa. Sluiten van kringlopen kan als leidend principe gelden en in het kader van dit transitiethema zouden initiatieven zich dus moeten toespitsen op omzetting van bestaande belangrijke problematische afvalstromen in zo hoogwaardig mogelijke toepassingen. In voorkeursvolgorde is dat:

1. hergebruiken of bijmengen in bestaande primaire processen zonder wezenlijk kwaliteitsverlies,
2. inzetten als minder hoogwaardige grondstof in productie,
3. chemisch ontleden in basisproducten,
4. verbranden, verbrandingsresten weer zo hoogwaardig mogelijk verwerken.

Vooraf voor 3 en 4 zijn kansen aanwezig voor de periode tot 2020 en kan aansluiting gezocht worden bij bestaande processen. Daarnaast zijn er mogelijkheden voor:

- verwerking van verbrandingsresten in minerale producten,
- chemische of biologische ontleding/zuivering van vervuilde grond, mineralen, ertsresiduen.

Door vestiging van gespecialiseerde bedrijven in het HIC voor de verwerking van reststoffen, zal de CO₂-emissie in het HIC zelf mogelijk licht toenemen. Netto zal de emissie afnemen. De mogelijke omvang hiervan in 2020 kan sterk variëren en is in belangrijke mate afhankelijk van aanvullend beleid op dit gebied. Omdat het thema buiten de scope van dit onderzoek valt is het zonder aanvullend onderzoek moeilijk een plausibele inschatting te geven.

4.6.3 Stoomnetwerken

De afgelopen 10 jaar zijn er in het HIC al een aantal stoomnetwerken gerealiseerd. Dit betreft joint venture WKK-installaties die naast stoomlevering aan een of meer bedrijven ook elektriciteit produceren. Recent zijn twee nieuwe installaties in gebruik genomen (E.ON-Lyondell/Bayer en WKC Air Products) en staat een derde project (Rijnmond Energie) op stapel. Dit laatste project zal op termijn stoom aan Shell Pernis gaan leveren. De realisatie van deze projecten wordt sterk gedreven door markt- en prijsontwikkelingen. De afgelopen jaren hebben aangetoond dat ook onder moeilijke marktomstandigheden nieuwe stoomnetwerken in het HIC te realiseren zijn. ECN verwacht dat dit in de toekomst ook zo zal zijn, waarbij projecten op locaties waar nieuwe bedrijven zich vestigen het meest kansrijk zijn. Desalniettemin kunnen door extra stimulering (niet zozeer in financiële maar meer in faciliterende zin) extra stoomnetwerken gevoed door WKK gerealiseerd worden. Dit geldt vooral voor de chemie waar een fors deel van de groei van de stoomvraag tot 2020 wordt ingevuld door ketels. Invulling van dit WKK-potentieel levert een naar schatting een extra reductie van 0,2 Mton op. Hierbij dient opgemerkt te worden dat door uitbreiding van de stoomnetwerken met WKK de rol van het HIC als netto exporteur van stroom verder toeneemt.

4.6.4 Methanolketen

Grootschalige productie van methanol ligt niet voor de hand in het HIC (zie ook Paragraaf 4.1.1). Op biomassa gebaseerde methanol en ethanol kan evenwel toegepast worden en verwerkt in chemische producten en motorbrandstoffen (o.a. ETBE, DME). Om het tot transitiethema te maken, zal echter nog een aanzienlijke opschaling vereist zijn. Daarbij speelt het dilemma dat een product met gedeeltelijk biomassa als grondstof minder duidelijk op de markt geprofileerd kan worden, terwijl het makkelijker meelift op de bestaande infrastructuur in het HIC en daarbuiten. De mogelijke CO₂-reductie van deze optie is groot. Verwerking in het HIC van elders geproduceerde bio-methanol, levert echter geen directe reductie in het HIC op. Het aandeel bio-methanol in 2020 zal in zeer sterke mate afhankelijk van additioneel beleid op dit vlak. Het is zeer de vraag of het HIC op deze termijn een significante rol in de productie van bio-methanol gaat spelen.

4.6.5 Waterstofketen

Waterstof als schone motorbrandstof in stedelijke omgevingen kan een nieuw product van de industrie in het HIC worden, mits de vraag, door beleid ondersteund, voldoende groot is. In het HIC vindt reeds op grote schaal waterstofproductie plaats en is ook waterstofinfrastructuur aanwezig. Heel anders wordt het indien grootschalige groene waterstofproductie in het HIC zou moeten plaatsvinden op basis van biomassa of elektrolyse. Voor deze productie heeft het HIC geen comparatieve voordelen, maar de afzet van deze waterstof is via de bestaande infrastructuur voornamelijk eenvoudig. Hier geldt dan hetzelfde dilemma als voor methanol.

4.6.6 Decentrale conversie van energie

Warmtekrachtkoppeling en industriële warmtepompen zijn de twee meest in het oog springende (generieke) technieken voor energie-efficiënte decentrale conversie van energie. Onder het thema stoomnetwerk (zie 4.6.3) is de WKK in joint venture beheer al behandeld. Een aantal bedrijven in het HIC heeft ook eigen WKK. Vanwege de liberalisering van de elektriciteitsmarkt is WKK in eigen beheer alleen nog aantrekkelijk wanneer de geproduceerde elektriciteit zoveel mogelijk zelf gebruikt wordt. De implementatie van WKK is, zoals eerder geschreven, sterk markt- en prijsgedreven. Onder normale marktomstandigheden is het vaak aantrekkelijk een WKK-installatie te bouwen. Voor WKK voor ondervuring van fornuizen in de raffinage geldt dit veel minder. Dergelijke voorschakelingen vergen ingrijpende aanpassingen van de fornuizen en komen dus vooral bij nieuwbouw in beeld. In het verleden heeft de raffinagebranche interesse getoond voor deze mogelijkheid. Nerefco heeft zelfs concrete plannen gehad die uiteindelijk niet doorgegaan zijn. In de prognose voor 2020 is rekening gehouden met een bescheiden invulling van het WKK-potentieel voor ondervuring.

De toepassing van industriële warmtepompen bij bestaande productieprocessen is voornamelijk niet rendabel. Hiervoor zou aanvullend beleid noodzakelijk zijn. Het door TNO ingeschatte potentieel voor 2010 bedraagt ongeveer 1000 MW_{th} en komt overeen met een CO₂-reductie van 1,4 Mton (TNO 1997). In de prognose voor 2020 is de industriële warmtepomp niet als expliciete optie meegenomen. Wel is in de berekeningen rekening gehouden met efficiency verbeteringen en besparing op bestaande locaties (exclusief WKK). De hieraan gerelateerde CO₂-reductie bedraagt ongeveer 1,5 Mton in 2020.⁴⁰ Extra aandacht voor dit thema zou kunnen leiden tot 0,5 – 1 Mton extra reductie in 2020.

4.6.7 Agro-industriële combinatie

Dit thema is gekoppeld aan restwarmte (Paragraaf 4.6.1) en CO₂-netwerk (Paragraaf 4.6.11).

4.6.8 Herinrichting bestaand gebied

De herinrichting van bestaand gebied kan mogelijkheden bieden voor andere transitithema's zoals restwarmte (Paragraaf 4.6.1), stoomnetwerk (Paragraaf 4.6.3), decentrale conversie van energie (Paragraaf 4.6.6) en CO₂-netwerk (Paragraaf 4.6.11).

4.6.9 Maasvlakte 2

De inrichting van de tweede Maasvlakte biedt de mogelijkheid energie-efficiënte en duurzame oplossingen te kiezen voor de nieuw te bouwen productiecapaciteit. Maasvlakte 2 is dan ook meer een paraplu-thema waaronder andere thema's zoals restwarmte (Paragraaf 4.6.1), reststoffen (Paragraaf 4.6.2), stoomnetwerk (Paragraaf 4.6.3), methanol- (Paragraaf 4.6.4) en waterstofketen (Paragraaf 4.6.5) ingevuld kunnen worden. Algemeen geldt dat door inrichting van de tweede Maasvlakte het energiegebruik in het HIC (sterk) zal stijgen. Door het kiezen van energie-efficiënte en duurzame oplossingen kan deze groei zo klein mogelijk worden gehouden.

⁴⁰ Dit is exclusief besparingen op het finaal verbruik van elektriciteit, zie ook de Paragraaf 4.4.

Maasvlakte 2 biedt hiernaast bij uitstek de mogelijkheid voor de vestiging van een bio-raffinaderij, die weliswaar niet is opgenomen als apart transitiethema, maar in het kader van EU-richtlijn voor biobrandstoffen een kansrijke transitieroute voor het HIC kan zijn. Zo levert een bio-raffinaderij met een (bescheiden) doorzet van 15000 vaten per dag (o.b.v. 10 kton biomassa input per dag) een jaarlijkse CO₂-reductie van 2 Mton op ten opzichte van conventionele raffinage.⁴¹ Omdat de Europese richtlijn vooralsnog niet verplicht is, is aanvullend beleid noodzakelijk om een dergelijke raffinaderij te realiseren. In de prognose voor 2020 is derhalve geen rekening gehouden met de bouw van (en vermeden CO₂-reductie door) een bio-raffinaderij. Opgemerkt moet worden dat de CO₂-reductie door inzet van biobrandstoffen voor het grootste deel buiten het HIC plaats zal vinden.

Het plaatsen van windmolens op de Maasvlakte is een andere optie voor duurzame invulling van het gebied. In de prognose voor 2020 is geen rekening gehouden met elektriciteitsproductie (en vermeden CO₂-reductie) door additioneel windvermogen. Plaatsing van 100 MW_e vermogen (hiervoor is ongeveer 1000 ha nodig) levert een CO₂-reductie van 0,1 Mton op.⁴²

4.6.10 PV-systemen

Het toepassen van PV-systemen vindt momenteel op zeer beperkte schaal plaats vanwege de hoge kosten. Deze kosten zullen in de toekomst zeker dalen, hoewel het niet in de lijn der verwachting ligt dat PV-electriciteit in 2020 concurrerend zal zijn. Grootschalige toepassing voor het HIC in 2020 wordt –zonder prikkels van buiten- dan ook niet verwacht. PV als op zichzelf staand transitiethema lijkt op de korte termijn ook niet kansrijk. Als onderdeel van een breder thema als bijvoorbeeld ‘energiezuinige kantoorgebouwen en woningen’ kan het met andere duurzame oplossingen gecombineerd worden. Ook dan echter zal de CO₂-reductie door PV in 2020 klein zijn.

4.6.11 CO₂-netwerk

Door de nabijheid van grootschalige glastuinbouwgebieden is het HIC bij uitstek een geschikte plek voor de levering van CO₂ voor bemesting van de kassen. Een bestaand voorbeeld is de ROCA-3 centrale die op jaarbasis 50 kton CO₂ aan 300 ha kassen in de B-driehoek levert. Een veel grotere bron van zuivere CO₂ vormt de productie van waterstof. Deze bron is veel groter dan de behoefte aan CO₂ in de tuinbouw. Zo zou bijvoorbeeld het nieuwe tuinbouwgebied in Oostvoorne ongeveer 35 kton CO₂ op jaarbasis nodig hebben.⁴³ Dit zou in combinatie kunnen met de levering van industriële restwarmte aan dit gebied.

Een andere optie van een CO₂-netwerk is de mogelijkheid voor ondergrondse opslag. Het HIC is binnen Nederland een van de meest aantrekkelijke locaties voor een CO₂-netwerk voor ondergrondse opslag. Dit komt door de aanwezigheid van een aantal zeer grote bronnen van relatief zuiver CO₂ in en nabij het HIC. Deze CO₂ is afkomstig van procesemissies bij waterstofproductie.⁴⁴ Uiteraard zal de aanleg van een CO₂-netwerk ten behoeve van deze bronnen de kosten voor aansluiting van andere, energetische bronnen de kosten van CO₂-opslag sterk kunnen verlagen. Het is zeer de vraag of CO₂-emissiehandel zonder aanvullend beleid voldoende stimulans biedt om de aanleg van een CO₂-netwerk aantrekkelijk te maken. In het recente verleden is een project voor ondergrondse opslag bij Shell Pernis niet doorgegaan. Onbekend is hoe groot de potentiële CO₂-opslagcapaciteit in het HIC of de nabije regio is. Verder weg gelegen opslag zal tot stijging van de kosten leiden.

⁴¹ Bron: BIG-Fit-project.

⁴² Op basis van 3000 draaiuren en een aardgasgestookte STEG met 58% elektrisch rendement als referentie.

⁴³ In het kader van het OKEP-project is in de jaren negentig een studie verricht voor CO₂-levering van Shell Pernis naar het Westland. De beoogde CO₂-reductie van dat project, dat niet door is gegaan, bedroeg 0,18 Mton.

⁴⁴ Een potentiële bron van zuivere CO₂ is waterstofproductie t.b.v. ammoniakproductie. De CO₂-emissie die hierbij vrijkomt is non-energetisch van aard. Momenteel wordt er in het HIC geen ammoniak meer geproduceerd.

In de prognose voor 2020 is geen CO₂-levering aan de tuinbouw of ondergrondse opslag van CO₂ opgenomen.

4.6.12 Overzicht opties voor extra CO₂-reductie in 2020

In onderstaande tabel worden de opties zoals beschreven in de voorgaande paragrafen samengevat. Op basis van deze studie kan voor een aantal thema's een inschatting gegeven worden van de extra te behalen CO₂-reductie in 2020 met behulp van aanvullend beleid. Ingeschat wordt dat deze extra reductie vooral te halen valt d.m.v. industriële restwarmtebenutting, uitbreiding van bestaande en aanleg van nieuwe stoomnetwerken, de toepassing van industriële warmtepompen en een duurzame invulling van de tweede Maasvlakte. Bij herinrichting van bestaand gebied vormen genoemde thema's een belangrijke invulling van de mogelijkheden. De gezamenlijk reductie bedraagt globaal 2 Mton. Ongeveer de helft hiervan is directe emissiereductie gerelateerd aan finaal energiegebruik in het HIC. De resterende reductie vindt vooral buiten het HIC plaats.

Voor een aantal thema's is het zeer moeilijk binnen het kader van deze studie, waar de focus ligt op (finaal) energiegebruik en daaraan gerelateerde CO₂-emissies van vier sectoren, een inschatting te geven van de te behalen reductie in 2020. Hiervoor is aanvullend onderzoek nodig. Het gaat hier om de verwerking van reststoffen, de verwerking c.q. productie van bio-methanol, de productie van (groene) waterstof plus de toepassing van waterstof als transportbrandstof en de opslag van CO₂. Het potentieel voor deze opties is erg groot. De focus en intensiviteit van het beleid zullen voor een groot deel bepalend zijn in hoeverre dit potentieel in 2020 al ingevuld kan zijn. Productie van groene waterstof of waterstofproductie in combinatie met CO₂-opslag bieden de grootste kansen voor emissiereductie in het HIC zelf. Voor de andere opties is de rol van het HIC meer faciliterend in het streven niet alleen in het HIC maar op nationale schaal CO₂-emissiereductie te realiseren.

Tabel 4.9 *Opties voor extra CO₂-reductie in 2020*

Transitiethema	Optie	Extra CO ₂ -reductie in 2020	Opmerking
Restwarmte	• Stadsverwarming R'dam	0,3 Mton	CO ₂ -reductie vindt plaats in R'dam en de glastuinbouwgebieden
	• Nieuwe glastuinbouw Oostvoorne en B-driehoek	0,2 Mton	
Reststoffen	Diverse opties	Realistisch potentieel voor 2020 nader te bepalen	CO ₂ -reductie vindt grotendeels buiten het HIC plaats
Stoomnetwerk	Uitbreiding JV WKK	0,2 Mton	Rol HIC als netto exporteur elektriciteit groeit verder
Methanolketen	Verwerking bio-methanol	Realistisch potentieel voor 2020 nader te bepalen	CO ₂ -reductie a.g.v. vergroening van feedstock c.q. motorbrandstoffen vindt grotendeels buiten het HIC plaats
Waterstofketen	Productie groene waterstof t.b.v. transport of bestaande industriële toepassingen in het HIC (mogelijk in combinatie met CO ₂ -opslag)	Realistisch potentieel voor 2020 nader te bepalen	I.g.v. toepassing als motorbrandstof vindt de CO ₂ -reductie grotendeels buiten het HIC plaats.
Decentrale energieconversie	• industriële warmtepompen	0,5 – 1 Mton zie stoomnetwerk	CO ₂ -reductie vindt direct in het HIC plaats
	• WKK		
Agro-industriële combinatie	• Restwarmtelevering Oostvoorne en B-driehoek	Zie restwarmte	
	• CO ₂ -levering Oostvoorne en B-driehoek	Zie CO ₂ -netwerk	
Herinrichting bestaand gebied	Diverse opties onder andere thema's		
Maasvlakte 2	Diverse opties onder andere thema's; specifiek:		
	• 15.000 b.p.d. bioraffinaderij	0,2 Mton	CO ₂ -reductie vindt grotendeels buiten het HIC plaats
	• 100 MW _e windpark	0,1 Mton	Rol HIC als netto exporteur elektriciteit groeit verder
PV-systemen	PV-systemen op nieuwe en bestaande woningen + kantoorgebouwen	>0 Mton	
CO ₂ -netwerk	• CO ₂ -levering aan nieuwe glastuinbouw (in combinatie met restwarmtelevering)	< 0,1 Mton	
	• CO ₂ -opslag	Realistisch potentieel voor 2020 nader te bepalen	

REFERENTIES

- Alsema, E.A. en E. Nieuwlaar (2001): *ICARUS-4: a Database of energy-efficiency measures for the Netherlands*, Utrecht University, 1995-2020.
- Buis, H.A. (2003): *Presentatie: Grootschalige warmtelevering aan de glastuinbouw. Bijeenkomst warmte/kracht in de glastuinbouw (COGEN)*, woensdag 2 april 2003.
- Boonekamp, P.G.M., B.W. Daniels, B.W., A.W.N. van Dril, P. Kroon, J.R. Ybema, (2003): *Sectorale CO₂-Emissies tot 2010: Update Referentieraming ten behoeve van besluitvorming*, ECN-C--03-095, ECN, december 2003.
- CBS: *Nederlandse Energie Huishouding*, (diverse jaargangen).
- CE (2002): *Van restwarmte naar nuttige warmte in de Rijnmond*, 2002.
- CPB (1997): *Economie en Fysieke Omgeving*, Sdu Den Haag.
- Eck, A. van (2003): *Persoonlijke communicatie*, GHR, juli 2003.
- Energy 2010 (1998): *Focus op kansen*, 1998.
- Gemeentelijk Havenbedrijf Rotterdam (1998): *Facts and Figures on Rotterdam's oil and chemical industry*, 1998.
- Gemeentelijk Havenbedrijf Rotterdam (1998): *Verkenningen 2020*, 1998.
- Gemeentelijk Havenbedrijf Rotterdam (2003a): *Basisdocument t.b.v. HP2020, Valuatieonderzoek, Businessplan MV2 (vertrouwelijk)*, 2003.
- Gemeentelijk Havenbedrijf Rotterdam, Havenplan 2020 (2003b): *Economische Visie*. Versie maart 2003.
- Hendriks, C (1995): *Development of Energy Demand in the Rijnmond Area. In: Energy 2010, phase 1 Rotterdam Industrial Area, Assessment and Analysis*, 1995.
- Projectteam Duurzaam Rijnmond (2002): *Op weg naar een Duurzaam Rijnmond: Experimenteerruimte voor Transitie*.
- RIVM (2003): *Milieubalans 2003*.
- SDE (2002): *Climate neutral transport fuels from biomass: the BIG-Fit concept*, 2002.
- TenneT (2002): *Capaciteitsplan 2003-2009*.
- TNO (1997): *CO₂-emissies en emissiereductiebeleid in de regio Rijnmond in relatie tot Zuid-Holland en Nederland*. TNO-rapport: TNO-MEP-R97/405, Apeldoorn, november 1997.
- Utilities: diverse artikelen (diverse jaargangen).
- Wals, A. (2003): *ECN notitie 'Development of Dutch wholesale electricity prices'*, ECN Amsterdam, 10 juni 2003.
- Ybema, J.R. (2003): *ECN notitie t.b.v. het CO₂-Streefwaardenproject (projectnummer 7.7486)*. ECN Petten, 4 augustus 2003.
- Ybema, J.R. et al (2002): *Referentieraming Energie en CO₂ 2001-2010*. ECN-C--02-010, ECN Petten, 2002.

Naast bovengenoemde referenties is in het kader van de studie contact gelegd met E.ON en is gebruik gemaakt van inzichten verkregen in een overleg dat 28 juli 2003 plaats heeft gevonden met een afvaardiging van de Nederlandse raffinaderijen in het kader van het CO₂-Streefwaardenproject (ECN projectnummer 7.7486).