

Uitgangssituatie voor de Routekaart Chemie

W. Wetzels

29 juni 2012
ECN-E--12-024

Verantwoording

Dit rapport is geschreven in opdracht van Agentschap NL. Het projectnummer bij ECN is 6.00544. Contactpersoon voor dit project is Wouter Wetzels (tel. +31-224-568288, e-mail: wetzels@ecn.nl). De auteur bedankt de leden van de werkgroep 'Berekeningen en Monitoring van de Routekaart Chemie' voor hun suggesties en commentaar. De werkgroepleden zijn Edgar van de Brug (Ecofys), Benjamin Cok (Ecoreview), Reinier Gerrits (VNCI), Joost Krebbekx (Berenschot), Jos Lenselink (EEI), Martin Patel (UU), Bertus Postma (Berenschot) en Walter van den Wittenboer (Agentschap NL). De verantwoordelijkheid voor de inhoud van dit rapport berust volledig bij de auteur.

Abstract

The Dutch chemical industry is developing a roadmap with a strategic plan to reach its ambitious energy and emissions targets for 2030. This report presents insights and quantitative information on the energy use and greenhouse gas emissions of the Dutch industry, which can underpin the roadmap.

Inhoudsopgave

Samenvatting	4
1 Energiebalans voor de chemie	7
1.1 Totale energiebalans	7
1.2 Energiebalans voor warmte	10
1.3 Verbruiksaldo van energiedragers	11
2 Referentiejaar 2005	13
2.1 Niet-energetisch verbruik van energiedragers	13
2.2 Vraag naar warmte en elektriciteit	15
2.3 Warmtekrachtkoppeling	18
2.4 Primair energieverbruik	19
3 Broeikasgasemissies	21
3.1 Emissies naar de lucht	21
3.2 Koolstofstromen	23
4 Verschillen met uitgangssituatie uit de voorstudie	26
4.1 Verschil in niet-energetisch verbruik	26
4.2 Verschil in primair energetisch verbruik	28
4.3 Verschillen in CO ₂ -uitstoot	31
5 Conclusie	32
Referentielijst	33
Bijlagen	
A. Sankey Diagram	34



Samenvatting

De Nederlandse chemische sector ontwikkelt een routekaart met een strategisch plan om de ambities voor energie en emissies te realiseren. Om de Routekaart Chemie 2030 te kunnen onderbouwen is het nodig om betrouwbare gegevens te hebben over de energie en koolstofstromen in de chemie, met name voor het referentiejaar 2005. De gegevens over energiegebruik en emissies in dit rapport kunnen dienen als uitgangspunt voor de routekaart.

De energiebalans van het CBS geeft een kwantitatief beeld van de energiehuishouding van Nederland. De chemische industrie speelt daarin een grote rol. De chemie gebruikt energiedragers niet alleen voor energetische toepassingen, maar ook als grondstof en bij energie-omzettingen. Vooral het gebruik van aardoliegrondstoffen en –producten in de organische basischemie draagt bij aan het niet-energetisch verbruik. Daarnaast gebruikt de kunstmestindustrie een grote hoeveelheid aardgas als grondstof voor de productie van ammoniak.

De chemie is een belangrijke netto-warmteafnemer. Een groot deel van de aangevoerde warmte wordt geproduceerd met WKK-installaties in eigendom van energiebedrijven of joint-ventures.

De belangrijkste gegevens over de uitgangssituatie in 2005 voor de Nederlandse chemische industrie zijn:

- Finaal niet-energetisch verbruik: 550 PJ
- Primair energetisch verbruik: 384 PJ
- Totaal primair verbruik: 934 PJ

Er bestaat onduidelijkheid over de hoeveelheid niet-energetisch verbruik van de Nederlandse chemiesector vanwege waarnemingsproblemen en omdat het CBS een definitiewijziging nog niet voor alle historische jaren heeft doorgevoerd.

In 2005 had de chemische industrie een aandeel van 58% in de nuttige warmtevraag van de Nederlandse industrie. Het aandeel in de elektriciteitsvraag was 30%. In de Nederlandse chemie wordt relatief veel gebruik gemaakt van warmtekrachtkoppeling (WKK). In 2005 stond 1.746 MW_e aan WKK-vermogen opgesteld waarmee 11,8 TWh

elektriciteit werd geproduceerd. Veel van deze WKK-installaties zijn in eigendom van energiebedrijven of joint-ventures.

In 2005 was de uitstoot van broeikasgassen door de chemische industrie 22,3 Mton CO₂-eq. Deze uitstoot is berekend volgens de voorschriften van het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Onder de aanname dat alle koolstof die is opgeslagen in producten uiteindelijk zal vrijkomen als CO₂ leidt het verbruik van energiedragers door de chemie tot een uitstoot van 61,7 Mton CO₂.

In 2010 is in de Voorstudie Chemie MEE/MJA3 een voorlopige uitgangssituatie voor de Routekaart Chemie vastgelegd. Deze uitgangssituatie wijkt op meerdere punten af van de nieuwe uitgangssituatie die is vastgelegd door ECN. De belangrijkste verschillen zijn:

- Het niet-energetisch verbruik in de uitgangssituatie van ECN is hoger dan in de uitgangssituatie van de voorstudie. Dit komt voornamelijk door een revisie van de energiebalans.
- Het primair energetisch verbruik verschilt omdat aanvoer van warmte door ECN wel is meegenomen en in de voorstudie niet. De berekening in de voorstudie geeft ook een te lage waarde voor de primaire energie die toe te rekenen is aan elektriciteitsverbruik.
- Het resultaat voor de CO₂-uitstoot in de voorstudie is hoger, voornamelijk omdat er impliciet vanuit gegaan is dat alle energiedragers worden verbrand (ook energiedragers die in de producten aanwezig blijven).

1

Energiebalans voor de chemie

De energiebalans van het CBS geeft een kwantitatief beeld van de energiehuishouding van Nederland. De chemische industrie speelt daarin een grote rol. De chemie gebruikt energiedragers niet alleen voor energetische toepassingen, maar ook als grondstof en bij energie-omzettingen. Vooral het gebruik van aardoliegrondstoffen en –producten in de organische basischemie draagt bij aan het niet-energetisch verbruik. Daarnaast gebruikt de kunstmestindustrie een grote hoeveelheid aardgas als grondstof voor de productie van ammoniak.

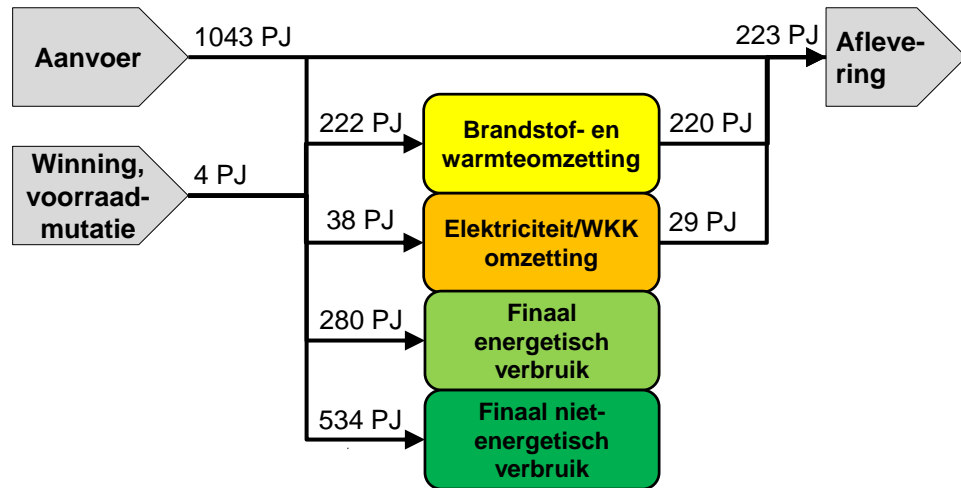
De chemie is een belangrijke netto-warmteafnemer. Een groot deel van de aangevoerde warmte wordt geproduceerd met WKK-installaties in eigendom van energiebedrijven of joint-ventures.

1.1 Totale energiebalans

De productie van basischemicaliën kost veel energie. Voorbeelden van energie-intensieve processen zijn stoomkraken, de productie van ammoniak, methanol en styreen. De basischemicaliën worden door de chemische eindproductenindustrie verwerkt tot producten zoals verf, verdelgingsmiddelen en zeep.

Het referentiejaar voor de Routekaart Chemie is 2005. Omdat het CBS werkt aan een revisie van de energiebalans voor de jaren t/m 2006 geeft **Figuur 1** een overzicht van de energiestromen in de chemie in 2009. De totale energie-aanvoer was 1043 PJ. Een groot deel hiervan, 534 PJ, wordt ingezet voor finaal niet-energetisch verbruik. Bij finaal niet-energetisch verbruik wordt energie gebruikt voor het maken van een product dat geen energiedrager is. De energie blijft in het product aanwezig.

Figuur 1: Energiebalans voor de chemische industrie in 2009. Bron: (CBS, 2012c) ¹

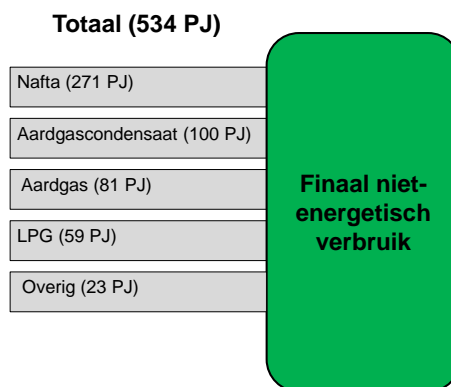


Voor de organische basischemie en de kunstmestindustrie dragen bij aan het niet-energetisch verbruik van de chemie

Aan het niet-energetisch verbruik (**Figuur 2**) draagt vooral het gebruik van aardoliegrondstoffen en –producten in de organische basischemie in hoge mate bij. Door middel van stoomkraakprocessen kunnen petrochemische producten worden geproduceerd uit nafta, gasolie, LPG of aardolieconcentraat. De meest gevraagde producten zijn hierbij etheen en propeen, die verwerkt kunnen worden tot polymeren.

Daarnaast gebruikt de kunstmestindustrie een grote hoeveelheid aardgas voor de productie van ammoniak. Stikstofkunstmeststoffen zijn de meest gebruikte kunstmeststoffen en zijn gebaseerd op ammoniak. De stikstof die nodig is voor de ammoniakproductie wordt geleverd door gecompriëerde lucht. De andere grondstof voor dit proces is methaan uit aardgas.

Figuur 2: Finaal niet-energetisch verbruik van de chemische industrie in 2009. Bron: (CBS, 2012c) ²

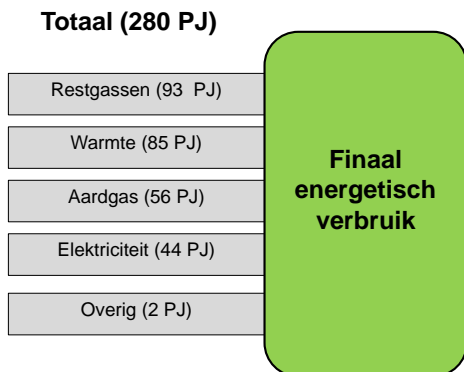


In 2009 was het finaal energetisch verbruik van de chemie 280 PJ. Bij finaal energetisch verbruik (**Figuur 3**) wordt energie gebruikt zonder dat er nuttig bruikbare energiedragers overblijven, bijvoorbeeld voor verwarming of als krachtbron. Chemische

¹ Bij de omzettingen vinden verliezen plaats. Energie die verloren gaat in het traject van winning tot levering van energiedragers is niet zichtbaar in de energiebalans.
² Elektriciteitsverbruik wordt door ECN altijd als energetisch verbruik beschouwd, maar door het CBS in bepaalde gevallen als niet-energetisch verbruik. In dit rapport is elektriciteitsverbruik nergens meegeteld als niet-energetisch verbruik.

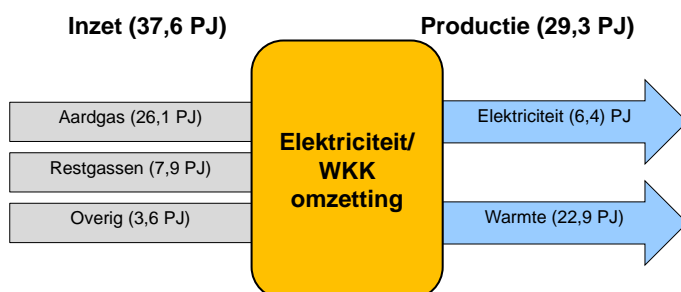
restgassen, die ontstaan bij de verwerking van aardolieproducten, en aardgas zijn de belangrijkste brandstoffen. Warmte en elektriciteit kunnen worden aangevoerd of geproduceerd worden door het bedrijf zelf.

Figuur 3: Finaal energetisch verbruik van de chemische industrie in 2009. Bron: (CBS, 2012c)

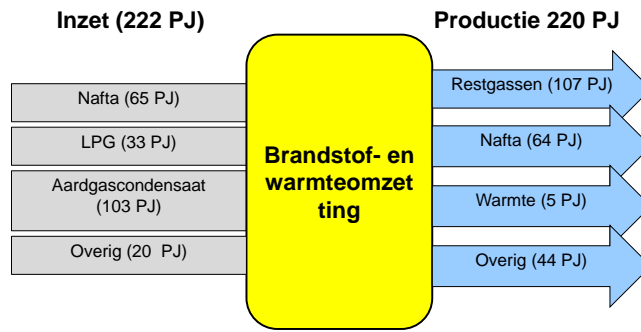


Bij energie-omzettingen worden energiedragers gebruikt om andere energiedragers te produceren. Het kan daarbij gaan om omzetting van brandstoffen in warmte of kracht, zoals bij warmtekrachtkoppeling (**Figuur 4**), maar ook om processen waarbij een brandstof in een andere brandstof wordt omgezet (**Figuur 5**). Bij energieomzettingen blijft alle energie behouden, maar kan een deel van de ingezette energie niet nuttig worden gebruikt.

Figuur 4: Elektriciteit/WKK omzetting van de chemische industrie in 2009. Bron: (CBS, 2012c)



Figuur 5: Brandstof- en warmteomzetting van de chemische industrie in 2009. Bron: (CBS, 2012c)



Zie Bijlage A voor een Sankey diagram met energiestromen voor de totale Nederlandse energiehuishouding.

1.2 Energiebalans voor warmte

De chemie is een belangrijke netto-warmteafnemer.

Tabel 1 geeft een overzicht van de warmte-aanvoer en warmte-aflevering in de totale energiebalans voor Nederland. Voor Nederland als geheel is de warmte-aanvoer in evenwicht met de warmte-aflevering.³ De energiesector is een grote netto-warmteleverancier. De chemie is een belangrijke netto-warmteafnemer. De netto warmte-aanvoer (aanvoer minus aflevering) in 2009 was 58 PJ.

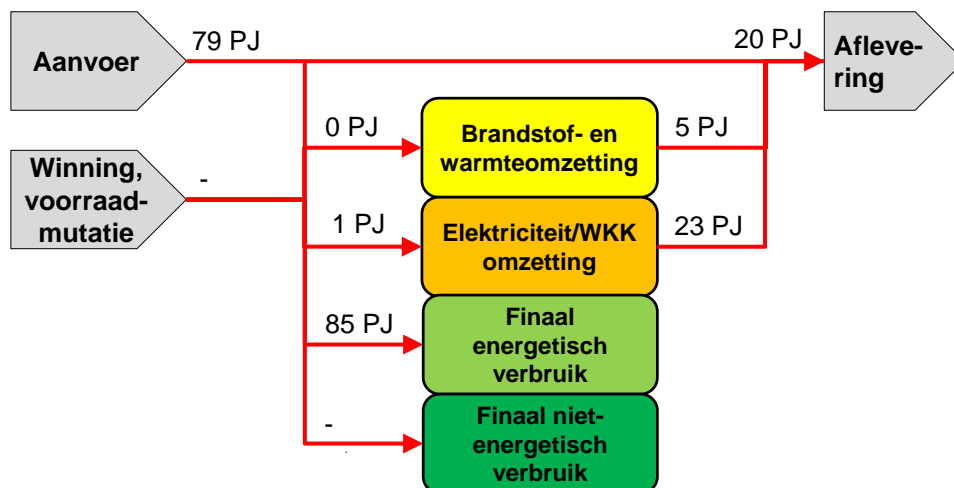
Tabel 1: Warmte-aanvoer en -aflevering in de energiebalans voor 2009. Bron: (CBS, 2012c)

[PJ]	Aanvoer minus aflevering	Warmte-aanvoer	Warmte-aflevering
Nederland totaal	0	189	189
Totaal energieafnemers	88	123	35
Energiesector	-88	66	154
Nijverheid (geen energiesector)	69	92	23
Landbouw, visserij en dienstverlening	10	23	13
Particuliere huishoudens	9	9	0
Chemie en farmaceutische industrie	58	79	20

Figuur 6 geeft de energiebalans voor warmte voor de chemische industrie. Hier is niet al het nuttig thermisch verbruik zichtbaar, maar alleen de warmte die aangevoerd of afgevoerd wordt, en de warmte geproduceerd bij energie-omzettingen.

³ Distributieverliezen worden toegerekend aan de sector die de warmte aflevert.

Figuur 6: Warmte in de energiebalans voor de chemische industrie in 2009. Bron: (CBS, 2012c)



De aanvoer van warmte aan de chemie is voor een belangrijk deel afkomstig uit WKK. In de energiebalans van het CBS voor de chemie zijn slechts de WKK-installaties opgenomen die in eigendom zijn van de chemische industrie zelf. In de statistiek ‘Elektriciteit; productie en productiemiddelen’ geeft het CBS informatie over alle andere WKK-installaties die warmte leveren aan de chemische industrie (**Tabel 2**), dus ook de installaties in eigendom van energiebedrijven of joint-ventures. De totale warmteproductie van WKK in 2009 was 67 PJ. Er wordt ook warmte die niet met WKK is geproduceerd aangevoerd van buiten de sector chemie.

De aanvoer van warmte aan de chemie is voor een groot deel afkomstig uit WKK.

Tabel 2: Gegevens over WKK in 2009. Bron: (CBS,2012c), (CBS, 2012a)

[PJ]	WKK chemie (energiebalans)	WKK chemie (totaal)
Bruto elektriciteitsproductie	6	42
Bruto warmteproductie	23	67
Inzet brandstoffen	36	143

1.3 Verbruiksaldo van energiedragers

Tabel 3 laat het verbruiksaldo van de chemische industrie in 2009 zien. Het verbruiksaldo is de som van aanvoer, winning en voorraadmutaties, verminderd met de aflevering van energie. Bij energiewinning gaat het voornamelijk om de verbranding van niet-biogeen afval. Het totaal van winning en voorraadmutaties was slechts 4 PJ. De totale energie-aflevering van bedrijven in de chemische industrie was 223 PJ. Hierbij kan het gaan om aanvoer van (en aflevering naar) bedrijven buiten de chemie, maar ook om energie-aanvoer en aflevering binnen de chemie zelf.

Tabel 3: Verbruikssaldo van de chemische industrie⁴ in 2009. Bron: (CBS, 2012c)

	Verbruikssaldo 2009 [PJ]
Totaal energiedragers	823,3
• Totaal steenkool en steenkoolproducten	6,7
o Steenkool en bruinkool	-
o Totaal steenkoolproducten	6,7
▪ Steenkoolcokes	2,1
▪ Cokesovengas	-
▪ Hoogovengas	-
▪ Andere steenkoolproducten	4,5
• Totaal aardoliegrondstoffen en producten	550,7
o Totaal aardoliegrondstoffen	184,5
▪ Ruwe aardolie	-
▪ Aardgascondensaat	203,2
▪ Andere aardoliegrondstoffen	-18,7
o Totaal aardolieproducten	366,2
▪ Restgassen	-3,0
▪ Lpg	88,4
▪ Nafta	272,0
▪ Benzine	-
▪ Kerosine	3,3
▪ Gas- en dieselolie	-1,3
▪ Stookolie	0,2
▪ Smeermiddelen	-0,9
▪ Bitumen	-
▪ Andere aardolieproducten	7,6
• Aardgas	165,0
• Totaal hernieuwbare energie	0,4
o Windenergie	-
o Waterkracht	-
o Zonne-energie	-
o Bodemenergie, diep	-
o Totaal biomassa	0,4
▪ Biogeen huishoudelijk afval	-
▪ Vaste en vloeibare biomassa	X
▪ Biogas	X
• Kernenergie	-
• Afval en andere energiedragers	3,4
• Elektriciteit	38,7
• Warmte	58,5

⁴ Sectoren 20-21 (Chemie en farmaceutische industrie) volgens de *Standaard Bedrijfsindeling SBI 2008* van het CBS.

2

Referentiejaar 2005

Om de Routekaart Chemie 2030 te kunnen onderbouwen is het nodig om betrouwbare gegevens te hebben over het energieverbruik in het referentiejaar 2005. De gegevens over energiegebruik en emissies in 2005 uit dit rapport kunnen dienen als uitgangspunt voor de routekaart.

De belangrijkste gegevens over de uitgangssituatie in 2005 voor de Nederlandse chemische industrie zijn:

- Finaal niet-energetisch verbruik: 550 PJ
- Primair energetisch verbruik: 384 PJ
- Totaal primair verbruik: 934 PJ

Er bestaat onduidelijkheid over de hoeveelheid niet-energetisch verbruik van de Nederlandse chemiesector vanwege waarnemingsproblemen en omdat het CBS een definitiewijziging nog niet voor alle historische jaren heeft doorgevoerd.

In 2005 had de chemische industrie een aandeel van 58% in de nuttige warmtevraag van de Nederlandse industrie. Het aandeel in de elektriciteitsvraag was 30%. Door de Nederlandse chemie wordt relatief veel gebruik gemaakt van warmtekrachtkoppeling (WKK). In 2005 stond 1.746 MW_e aan WKK-vermogen opgesteld waarmee 11,8 TWh elektriciteit werd geproduceerd. Veel van deze WKK-installaties zijn in eigendom van energiebedrijven of joint-ventures.

2.1 Niet-energetisch verbruik van energiedragers

Veel chemische bedrijven gebruiken energiedragers als grondstof. Niet-energetisch verbruik is gedefinieerd als het finaal verbruik van energie bij een productieproces waarbij de voor het productieproces gebruikte energie in het product aanwezig blijft en het ontstane product zelf geen energiedrager is. Aardolie wordt bijvoorbeeld gebruikt voor de productie van plastics en aardgas wordt gebruikt voor de productie van ammoniak.

Er bestaat onduidelijkheid over de hoeveelheid niet-energetisch verbruik van de Nederlandse chemiesector vanwege waarnemingsproblemen en omdat het CBS een definitiewijziging nog niet voor alle historische jaren heeft doorgevoerd.

Het niet-energetisch verbruik van de chemie in de CBS-energiebalans (CBS, 2012c) groeit in de jaren voor 2007 sneller dan op basis van de toename van de productie te verwachten zou zijn. Er zijn indicaties dat de toerekening van energiedragers aan energetisch en niet-energetisch verbruik in de energiestatistiek in de loop van de jaren niet altijd consistent is geweest (Neelis, 2006). Daarnaast is door een definitieverandering de rapportage van niet-energetisch verbruik vanaf 2007 veranderd (CBS, 2009). De verandering houdt in dat bepaalde soorten nafta, aromaten en vloeibare gassen worden geclassificeerd als chemische producten in plaats van energiedragers. Deze definitiewijziging is nog niet doorgevoerd in de statistiek voor de jaren tot en met 2006.

Uitgaande van de best beschikbare gegevens is het niet-energetisch verbruik van de chemie in 2005 550 PJ.

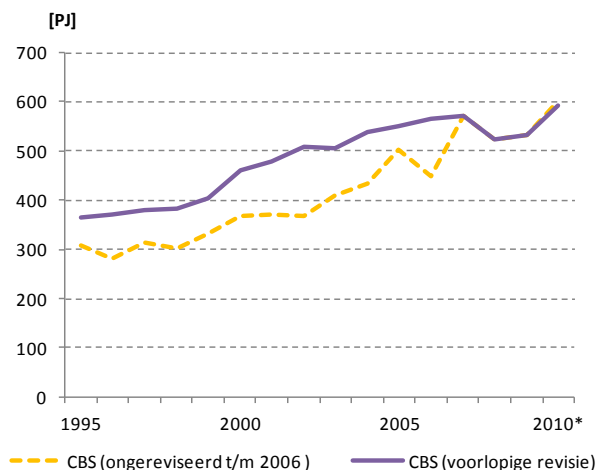
Het CBS werkt aan een revisie van de energiebalans die later in 2012 zal worden gepubliceerd. Inmiddels heeft het CBS wel alvast een voorlopige gecorrigeerde reeks ter beschikking gesteld (CBS, 2012d). In deze voorlopige reeks is het niet-energetisch verbruik van de chemie in de jaren t/m 2006 aanzienlijk hoger dan de ongereviseerde statistiek. In de voorlopige reeks neemt het niet-energetisch verbruik ook minder snel toe (**Figuur 7**). Uitgaande van de best beschikbare gegevens is het niet-energetisch verbruik van de chemie in 2005 550 PJ.

Tabel 4: Voorlopige gegevens niet-energetisch verbruik in de chemie⁵

[PJ]	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010
CBS (ongereviserd t/m 2006)	369	502	450	571	525	534	600
CBS (voorlopige revisie)	461	550	566	571	525	534	593

⁵ Elektriciteitsverbruik wordt door ECN niet altijd als energetisch verbruik beschouwd, maar door het CBS in bepaalde gevallen als niet-energetisch. In dit rapport is elektriciteitsverbruik nergens meegeteld als niet-energetisch verbruik.

Figuur 7: Niet-energetisch verbruik van de chemie (excl. niet-energetisch verbruik elektriciteit).



2.2 Vraag naar warmte en elektriciteit

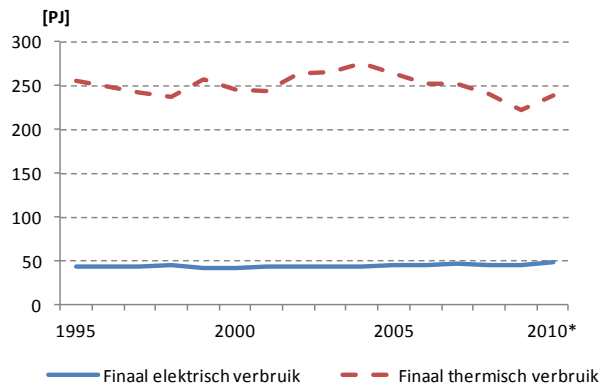
Energiedragers worden vaak gebruikt voor verwarming of als krachtbron. Het finaal thermisch verbruik (de nuttige vraag naar warmte) van de chemie was in 2005 264 PJ. Het finaal thermisch verbruik wordt berekend door het energetisch verbruik van energiedragers en de verliezen bij overige omzettingen van energiedragers om te rekenen naar de hoeveelheid geproduceerde warmte.

In 2005 was het finaal verbruik van elektriciteit 44,8 PJ. Het finaal elektrisch verbruik is de som van het verbruikssaldo van elektriciteit en de eigen productie van elektriciteit uit omzettingen. Eigen productie van elektriciteit vindt hoofdzakelijk plaats met warmtekrachtinstallaties.

Figuur 8 laat de vraagontwikkeling zien voor de periode 1995-2010. De recente economische crisis heeft geleid tot een sterke terugval van de productie van de chemie, waardoor ook de energievraag is verminderd.

In 2005 was het finaal thermisch verbruik van de chemische industrie 264 PJ. Het finaal verbruik van elektriciteit was 44,8 PJ.

Figuur 8: Finaal elektrisch en finaal thermisch verbruik van de chemie (1995-2010)

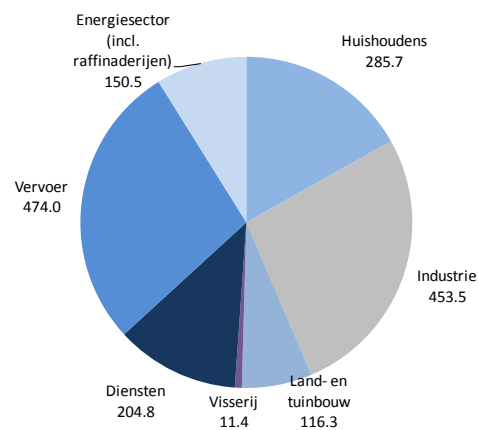


Tabel 5: Finaal elektrisch en finaal thermisch verbruik van de chemie (1995-2010)⁶

[PJ]	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010*
Finaal elektrisch verbruik	42,7	44,8	45,9	47,5	45,8	44,9	48,3
Finaal thermisch verbruik	245	264	252	252	240	222	239

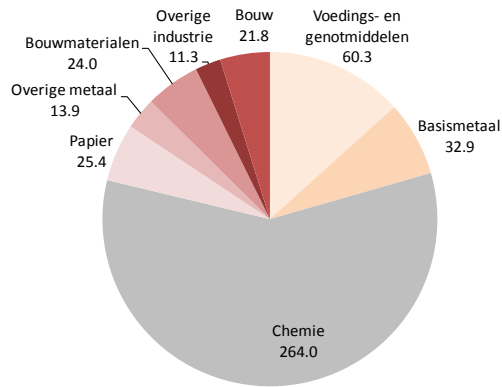
In 2005 was het totaal finaal thermisch verbruik in Nederland 1696 PJ. Het finaal thermisch verbruik van de industrie was 454 PJ (**Figuur 9**). De chemie had met een finaal thermisch verbruik van 264 PJ een aandeel van 58% in het finaal thermisch verbruik van de industrie (**Figuur 10**). Het aandeel in het finaal thermisch verbruik van Nederland was 16%.

Figuur 9: Finaal thermisch verbruik naar sector in 2005 [PJ]



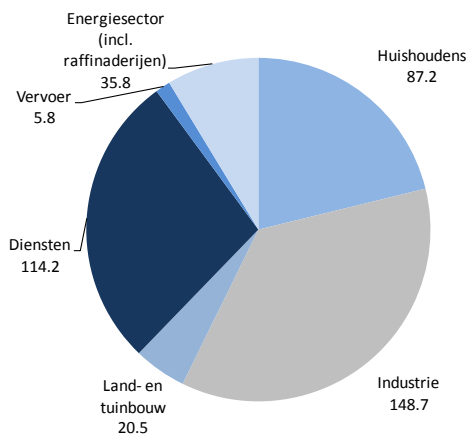
⁶ Cijfers voor 2010 zijn voorlopig.

Figuur 10: Finaal thermisch verbruik naar industriesector [PJ]

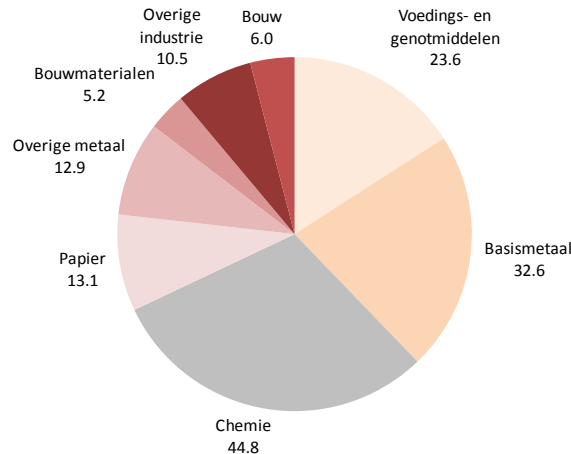


Het totaal Nederlands finaal verbruik van elektriciteit was in 2005 412 PJ. Het finaal elektrisch verbruik van de industrie was 149 PJ (**Figuur 11**). Het aandeel van de chemie in het finaal elektrisch verbruik van de industrie was 30% (**Figuur 12**). De chemie had een aandeel van 11% in het finaal elektrisch gebruik van Nederland.

Figuur 11: Finaal elektrisch verbruik naar sector in 2005 [PJ]



Figuur 12: Finaal elektrisch verbruik naar industriesector in 2005 [PJ]



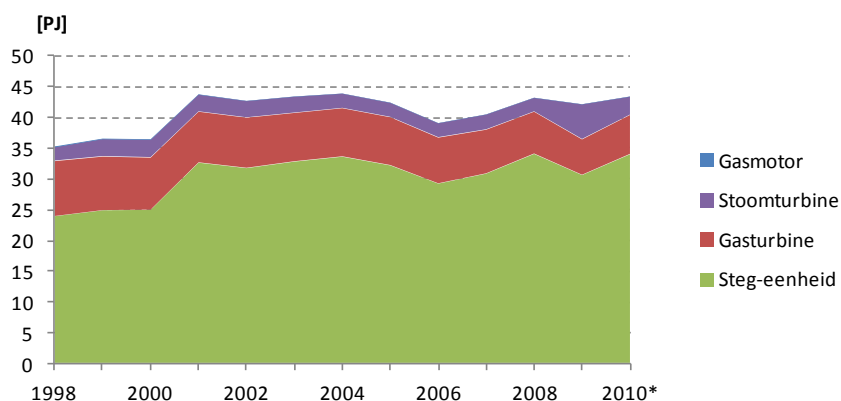
2.3 Warmtekrachtkoppeling

Warmtekrachtinstallaties gebruiken brandstof voor de opwekking van elektriciteit (kracht) en warmte. Door de Nederlandse chemie wordt relatief veel gebruik gemaakt van warmtekrachtkoppeling (WKK).

Door de Nederlandse chemie wordt relatief veel gebruik gemaakt van warmtekrachtkoppeling (WKK).

In 2005 stond 1.746 MW_e aan WKK-vermogen opgesteld (**Tabel 6**). In 2008 is het WKK-vermogen toegenomen toen bij Shell Pernis een nieuwe installatie in gebruik genomen is (PerGen). De totale elektriciteitsproductie van WKK-installaties in 2005 was 42,4 PJ (11,8 TWh). STEG-eenheden leveren de grootste bijdrage aan de elektriciteitsproductie. **Figuur 13** laat de ontwikkeling van de elektriciteitsproductie van WKK-installaties in de chemie zien in de periode 1998-2010.

Figuur 13: Elektriciteitsproductie WKK-installaties in de chemie (CBS, 2012c)



Tabel 6: WKK-installaties in de chemie (CBS, 2012a)⁷

	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010*
Aantal installaties	54	47	47	47	46	48	48
Opgesteld vermogen [MW _e]	1.470	1.746	1.760	1.756	2.044	2.043	2.043
Inzet brandstoffen [PJ]	140,5	148,8	143,6	141,9	157,8	143,3	154,7
Productie elektriciteit [PJ]	36,4	42,4	39,1	40,5	43,2	42,1	43,4
Productie elektriciteit [TWh]	10,1	11,8	10,8	11,2	12,0	11,7	12,1
Productie stoom/warmte [PJ]	75,8	74,5	74,4	71,4	80,8	66,6	75,0

In **Tabel 6** is informatie opgenomen over alle WKK-installaties die warmte leveren aan de chemie. Niet al deze installaties zijn in eigendom van chemiebedrijven. Vaak gaat het om installaties in beheer van energiebedrijven of joint-ventures. In de energiebalans van het CBS (CBS, 2012c) wordt alleen de WKK in beheer van chemiebedrijven zelf toegerekend aan de chemische sector. Levering van warmte en elektriciteit dragen bij aan het primair energieverbruik van de chemie, maar leiden niet tot directe CO₂-emissies in de sector.

2.4 Primair energieverbruik

Het primair verbruik is een betere indicator van het daadwerkelijke energiebeslag van een sector dan het verbruiksaldo. Het primair verbruik wordt berekend door het verbruik van de energiedragers op te hogen met de omzettingsverliezen die gemaakt zijn om deze energiedrager af te leveren bij de eindverbruikers.

Voor de berekening van het primair verbruik is uitgegaan van het energetisch verbruik van de energiedragers. Voor warmte is een conversiefactor van 1,11 gebruikt en voor elektriciteit een conversiefactor van 2,38. Deze conversiefactoren zijn afkomstig uit de Energiedragerslijst 2011 MEE (Agentschap NL, 2011c).⁸

Het primair energetisch verbruik van de chemie in 2005 is 384 PJ. Het niet-energetisch verbruik was 550 PJ. Daarmee is het totaal primair energieverbruik 934 PJ.

Het berekende primair energetisch verbruik van de chemie ligt dicht bij het primair energetisch verbruik van de bedrijven die deelnemen aan de MEE- en MJA3-convenanten in 2010 zoals gerapporteerd door Agentschap NL (Agentschap NL, 2011a) in **Tabel 7**. Er kunnen onder andere verschillen bestaan doordat de gegevens van het CBS en Agentschap NL niet gebaseerd zijn op dezelfde set bedrijven/installaties en door verschillen in de monitoringsmethodiek.

Het primair energetisch verbruik van de chemie in 2005 is 384 PJ. Het totaal primair energieverbruik was 934 PJ.

⁷ Cijfers voor 2010 zijn voorlopig.

⁸ De conversiefactor voor elektriciteit van 8,57 GJ/MWh (=2,38) is gebaseerd op een rendement van ca. 42%. De conversiefactor voor elektriciteit in de Energiedragerslijst 2011 MJA3 is 9 GJ/MWh (Agentschap NL, 2011d) en wijkt hier dus van af.

Tabel 7: MEE en MJA bedrijven in de chemische industrie in 2010 (Agentschap NL, 2011a)

	MEE	MJA3
Deelnemende ondernemingen	26 (60 inrichtingen)	45 (62 inrichtingen)
Primair energetisch verbruik	341,5 PJ	34,94 PJ

3

Broeikasgasemissies

In 2005 was de uitstoot van broeikasgassen door de chemische industrie 22,3 Mton CO₂-eq. Deze uitstoot is berekend volgens de voorschriften van het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Onder de aanname dat alle koolstof die is opgeslagen in producten uiteindelijk zal vrijkomen als CO₂ leidt het verbruik van energiedragers door de chemie tot een uitstoot van 61,7 Mton CO₂.

3.1 Emissies naar de lucht

De landelijke broeikasgasemissies naar de lucht worden vastgesteld door het samenwerkingsverband van de Emissieregistratie (Emissieregistratie, 2012). Het CBS neemt deel aan dit samenwerkingsverband en rapporteert de emissies in de statistiek 'Emissies van broeikasgassen, berekend volgens IPCC voorschriften' (CBS, 2012b).

De uitstoot van broeikasgassen door de chemische industrie was in 2005 22,3 Mton CO₂-eq. Het gaat daarbij om emissies uit vuurhaarden (zoals ovens en ketels), industriële processen en overige niet-mobiele activiteiten.

Om de invloed van broeikasgassen te kunnen optellen worden de emissies (**Tabel 8**) omgerekend naar CO₂-equivalenten (**Tabel 9**). Daarbij komt 1 kg lachgas (N₂O) overeen met 310 CO₂ equivalenten. 1 kg methaan (CH₄) komt overeen met 21 CO₂ equivalenten.

- CO₂ ontstaat onder andere bij de verbranding van brandstoffen.
- CH₄ ontstaat onder andere door onvolledige verbranding van brandstoffen, lekkage van het aardgasnet en door vergisting.
- N₂O ontstaat vooral bij de productie van salpeterzuur en caprolactam, en in mindere mate als indirecte emissie uit verbrandingsprocessen.

De uitstoot van broeikasgassen door de chemische industrie was in 2005 22,3 Mton CO₂-eq.

Tabel 8: Broeikasgasemissies van de chemische industrie (CBS, 2012d)

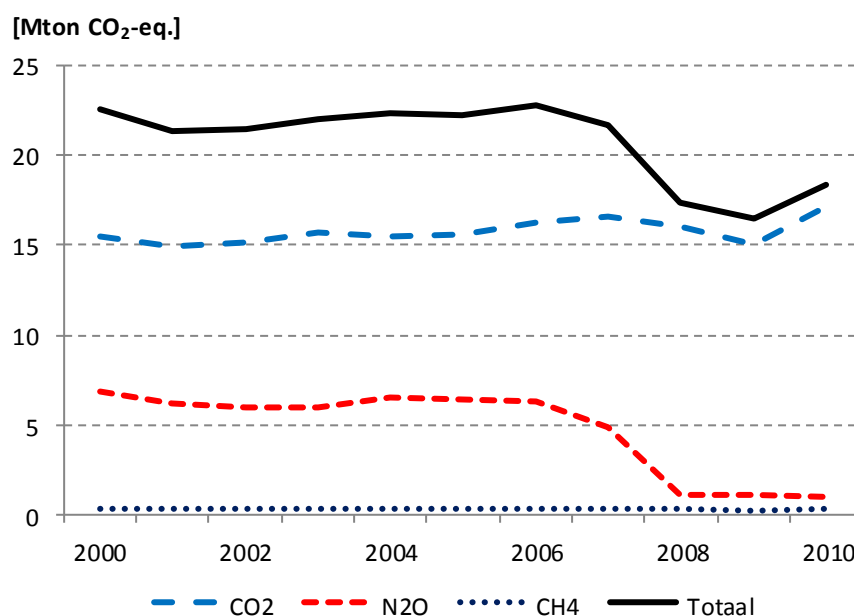
[mln kg]	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010
CO ₂	15.500	15.600	16.300	16.600	16.100	15.100	17.100
N ₂ O	22,07	20,55	20,21	15,51	3,37	3,55	3,19
CH ₄	13,42	14,05	13,28	13,55	12,81	12,08	13,17

Tabel 9: Broeikasgasemissies van de chemische industrie in CO₂-equivalenten (CBS, 2012d)

[Mton CO ₂ -eq.]	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010
CO ₂	15,5	15,6	16,3	16,6	16,1	15,1	17,1
N ₂ O	6,8	6,4	6,3	4,8	1,0	1,1	1,0
CH ₄	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Totaal	22,6	22,3	22,8	21,7	17,4	16,5	18,4

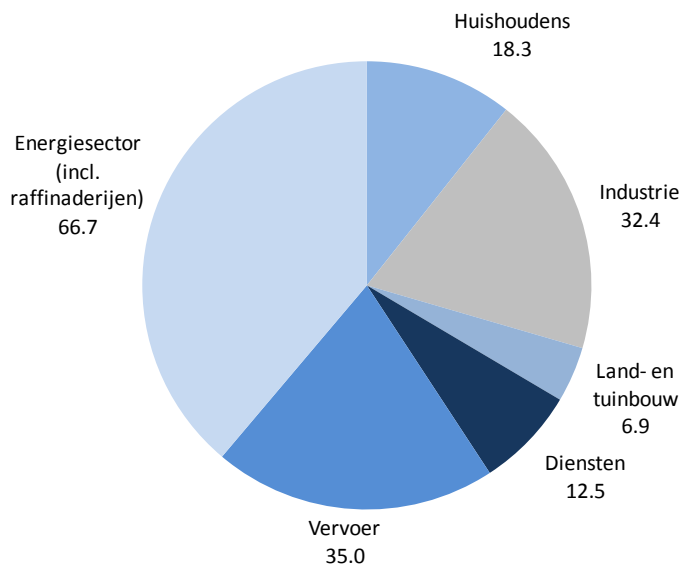
Figuur 14 laat de ontwikkeling van de broeikasgasemissies van de chemische industrie in de periode 2000-2010 zien. Reductiemaatregelen bij de salpeterzuurfabrieken in 2007 hebben de N₂O emissies sterk gereduceerd (ECN/PBL, 2010).

Figuur 14: Broeikasgasemissie van de chemische industrie 2000-2010 (CBS, 2012d)

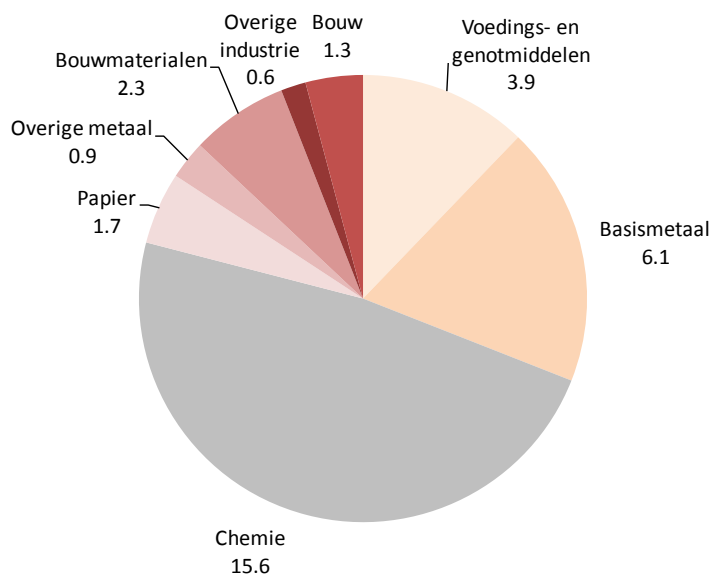


De totale Nederlandse CO₂-emissie in 2005 was 171,8 Mton. De CO₂-emissie van de industrie was 32,4 Mton (**Figuur 15**). Binnen de industrie is de chemie de belangrijkste sector met een uitstoot van 15,6 Mton (**Figuur 16**).

Figuur 15: CO₂-emissie per sector in 2005 in Mton



Figuur 16: CO₂-emissie per industriesector in 2005 in Mton



3.2 Koolstofstromen

Als wordt aangenomen dat alle koolstof die is opgeslagen in producten uiteindelijk zal vrijkomen als CO₂, is het mogelijk om een indicatie te geven van de totale hoeveelheid CO₂-emissie waartoe het verbruik van energiedragers door de chemie leidt. Bij de berekening wordt het verbruikssaldo van de energiedragers vermenigvuldigd met de CO₂-emissiefactor (uitgedrukt in kg/GJ) voor de energiedrager. Hierbij wordt ook aan de

aanvoer van warmte en elektriciteit een bepaalde hoeveelheid CO₂ toegerekend. Op deze manier kunnen 'koolstofstromen' worden berekend.

In 2005 was de totale koolstofstroom 61,7 Mton CO₂-eq (**Tabel 10**). Hiervan is 37,9 Mton toe te schrijven aan niet-energetisch verbruik⁹ en 23,8 Mton aan energetisch verbruik van energiedragers.

Tabel 10: Totale koolstofstroom voor de chemische industrie in 2005, gebaseerd op het verbruikssaldo in de energiebalans van het CBS.

	Verbruikssaldo [PJ]	CO ₂ - emissiefactor ¹⁰ [kg/GJ]	Hoeveelheid CO ₂ [Mton]
Nafta	268,9	73,3	19,7
Totaal aardoliegrondstoffen	212,7	63,1	13,4
Aardgas	202,6	56,6	11,5
Elektriciteit	37,1	173,7	6,4
Warmte	92,5	56,1	5,2
Lpg	36,4	66,7	2,4
Totaal steenkoolproducten	7,8	103,0	0,8
Andere aardolieproducten	6,7	73,3	0,5
Afval en andere energiedragers	4,0	105,7	0,4
Kerosine	3,4	71,5	0,2
Stookolie	0,0	74,3	0,0
Totaal biomassa	0,1	109,6	0,0
Gas- en dieselolie	-1,7	74,3	-0,1
Smeermiddelen	-0,9	73,3	-0,1
Restgassen	-33,4	66,7	-2,2
Correctie energiebalans ¹¹	48,0	73,3	3,5
Totaal	884,0		61,7

⁹ Hierbij is de keuze gemaakt dat de koolstofstroom voor niet-energetisch verbruik gelijk is aan de som van de koolstofstromen voor finaal niet-energetisch verbruik en de koolstofstromen voor het saldo van brandstof- en warmteomzetting.

¹⁰ De CO₂-emissiefactoren zijn afkomstig uit de 'Energiedragerslijst 2011 MEE' (Agentschap NL, 2012d).

¹¹ Vanwege de voorlopige revisie van de energiebalans is het niet-energetisch verbruik verhoogd met 48 PJ. Voor de omrekening naar CO₂-stromen is de CO₂-emissiefactor van nafta's gebruikt.

Tabel 11: Koolstofstroom voor de chemische industrie in 2005, gebaseerd op niet-energetisch finaal verbruik in de energiebalans van het CBS.

	Niet-energetisch finaal verbruik [PJ]	CO ₂ -emissiefactor [kg/GJ]	Hoeveelheid CO ₂ [Mton]
Totaal steenkoolproducten	4,3	103,0	0,4
Totaal aardoliegrondstoffen	1,5	63,1	0,1
Lpg	66,9	66,7	4,5
Nafta	211,8	73,3	15,5
Kerosine	0,4	71,5	0,0
Andere aardolieproducten	122,8	73,3	9,0
Aardgas	94,3	56,6	5,3
Elektriciteit ¹²	0,0	173,7	0,0
Correctie energiebalans	48,0	73,3	3,5
Totaal	550,0		38,4

Tabel 12 geeft een overzicht van de berekende koolstofstromen.

Tabel 12: Koolstofstroom voor de chemische industrie in 2005

	Hoeveelheid CO ₂ [Mton]
Koolstofstroom totaal chemie (verbruikssaldo energiebalans)	61,7
Koolstofstroom energetisch	23,8
Koolstofstroom niet-energetisch	37,9
w.v. koolstofstroom saldo brandstof- en warmteomzetting	-0,5
w.v. koolstofstroom niet-energetisch finaal verbruik	38,4

¹² Elektriciteitsverbruik wordt door ECN altijd als energetisch verbruik beschouwd, maar door het CBS in bepaalde gevallen als niet-energetisch. In de energiebalans van het CBS is het niet energetisch verbruik van elektriciteit in de chemie 8,6 PJ in 2005.

4

Verschillen met uitgangssituatie uit de voorstudie

In 2010 is in de Voorstudie Chemie MEE/MJA3 een voorlopige uitgangssituatie voor de Routekaart Chemie vastgelegd. Deze uitgangssituatie wijkt op meerdere punten af van de nieuwe uitgangssituatie die is vastgelegd door ECN. De belangrijkste verschillen zijn:

- Het niet-energetisch verbruik in de uitgangssituatie van ECN is hoger dan in de uitgangssituatie van de voorstudie. Dit komt voornamelijk door een revisie van de energiebalans.
- Het primair energetisch verbruik verschilt omdat aanvoer van warmte door ECN wel is meegenomen en in de voorstudie niet. De berekening in de voorstudie geeft ook een te lage waarde voor de primaire energie die toe te rekenen is aan elektriciteitsverbruik.

Het resultaat voor de CO₂-uitstoot in de voorstudie is hoger, voornamelijk omdat er impliciet vanuit gegaan is dat alle energiedragers worden verbrand (ook energiedragers die in de producten aanwezig blijven).

4.1 Verschil in niet-energetisch verbruik

Uitgangssituatie voorstudie

Tabel 13 vat de uitgangssituatie samen die is gebruikt is bij de Voorstudie Chemie MEE/MJA3. Het finaal niet-energetisch verbruik in 2005 in deze uitgangssituatie (508 PJ) is afkomstig uit de energiebalans van het CBS. Bij de voorstudie is gebruik gemaakt van de CBS cijfers die in 2010 beschikbaar waren.

Tabel 13: Uitgangssituatie uit de Voorstudie Chemie MEE/MJA3. Bron: *Krebbekx e.a., 2010*

Nr	Omschrijving	Formule	2005 PJ	2009 PJ
I	Niet energetisch gebruik van de Chemie		508	532
II	Energetisch verbruik van de Chemie		191	185
III	Totaal energiegebruik van de Chemie	I+II	699	717
IV	Verbruik als brandstof in warmtekrachtinstallaties		44	38
Nr Herberekening primaire energiegebruik Chemie				
		Formule	2005 PJ	2009 PJ
	De door de WKK opgewekte efficiency voor elektriciteit opwekking is -sinds 2005 in het Convenant Benchmarking- op 42% gesteld			
V	Totale energetisch gebruik chemie zonder elektriciteit opwekking WKK en exclusief import van elektriciteit en stoom/warmte	II-0,42*IV	172.5	169.0
	Het totale Elektriciteit verbruik van de Chemie in 2000 is 13 % van het "energetisch finaal verbruik"; uitgangspunt is dat voor 2005 en 2009 deze verhouding gelijk is gebleven.			
VI	Het totale energetisch gebruik van de chemiesector is dan	V/0,87	198.3	194.3
VII	De totale geïmporteerde elektriciteit (primaire energie) omgerekend naar een centraal rendement van 40%	(VI-II)/0,4	18.2	23.2
VIII	Totaal primaire energiegebruik (niet energetisch)	I	508	532
IX	Totaal primaire energiegebruik (energetisch)	II+VII	209.2	208.2
X	Totaal primaire energiegebruik	VIII+IX	717.2	740.2
Nr Raming CO2 uitstoot van de Chemie				
			Mton	Mton
XI	Raming CO2 uitstoot van de branche(primaire energiegebruik (niet energetisch))		37.2	39.0
XII	Raming CO2 uitstoot van de branche(primaire energiegebruik (energetisch))		15.3	15.3
XIII	Raming CO2 uitstoot van de branche(primaire energiegebruik)	XI+XII	52.6	54.3

Uitgangssituatie ECN

Het finaal niet-energetisch verbruik in de uitgangssituatie van ECN is 550 PJ. Dit hogere cijfer is gebaseerd op een voorlopige revisie van de energiebalans door het CBS uit 2012, waarbij het niet-energetisch verbruik naar boven is bijgesteld. Bij deze revisie is onder andere een definitiewijziging doorgevoerd waardoor bepaalde soorten nafta, aromaten en vloeibare gassen worden geclassificeerd als chemische producten in plaats van energiedragers.

Elektriciteitsverbruik wordt door het CBS in bepaalde gevallen als niet-energetisch verbruik beschouwd. In de energiebalans van het CBS is het niet-energetisch verbruik van elektriciteit in de chemie in 2005 8,6 PJ. ECN beschouwt het volledige elektriciteitsverbruik als energetisch verbruik.

Vergelijking uitgangssituaties

Het niet-energetisch verbruik in de uitgangssituatie van ECN is hoger dan in de uitgangssituatie van de voorstudie. Dit komt door een recente revisie van de energiebalans. Daarnaast beschouwt ECN al het elektriciteitsverbruik als energetisch verbruik, terwijl het CBS een deel van het elektriciteitsverbruik meetelt als niet-energetisch verbruik.

Het niet-energetisch verbruik in de uitgangssituatie van ECN is hoger dan in de uitgangssituatie van de voorstudie.

Tabel 14: Verschil in niet-energetisch verbruik tussen de uitgangssituaties

[PJ]	Uitgangssituatie voorstudie	Uitgangssituatie ECN	Verschil
Niet-energetisch finaal verbruik	508	550	+42

4.2 Verschil in primair energetisch verbruik

Uitgangssituatie voorstudie

In de Voorstudie Chemie MEE/MJA3 is het primair energetisch verbruik van de chemie in 2005 berekend. De berekening is gereconstrueerd in de textbox op de volgende pagina.

- Stap A,B, C

Het energetisch verbruik van fossiele energiedragers is de som van het verbruik van fossiele brandstof¹³ in ovens, ketels en kachels (147 PJ) en het verbruik van fossiele brandstof in warmtekrachtinstallaties (44 PJ). De gebruikte gegevens uit het Compendium voor de Leefomgeving (CBS/PBL/Wageningen UR, 2012) zijn gebaseerd op de energiebalans van het CBS.

- Stap D

Vervolgens wordt aangenomen dat het rendement voor elektriciteitsopwekking met WKK 42% is en wordt een schatting gemaakt van de elektriciteitsproductie van WKK. De ruwe aanname voor het rendement leidt tot een afwijking.

- Stap E

Daarna wordt een schatting gemaakt van de geïmporteerde elektriciteit (aanvoer minus aflevering van elektriciteit). De formule die hiervoor wordt gebruikt is niet correct, zodat er een te lage hoeveelheid geïmporteerde elektriciteit gevonden wordt.

- Stap F

Vervolgens wordt een primair energetisch verbruik van 209,2 PJ berekend onder de aanname van een centraal elektriciteitsopwekkingsrendement van 40%. Er is hierbij geen rekening gehouden met de levering van warmte aan de chemische industrie van buiten de sector.

Reconstructie van berekening van het primair energetisch verbruik van de chemie in 2005 in de Voorstudie Chemie MEE/MJA3

A) Verbruik van fossiele brandstof in ovens, ketels, kachels

= energetisch finaal verbruik aardolieproducten (82 PJ)
+ energetisch finaal verbruik aardgas (65 PJ)
= 147 PJ

B) Verbruik van fossiele brandstof in warmtekracht-installaties

= inzet elektriciteit/WKK-omzetting aardolieproducten (12 PJ)
+ inzet elektriciteit/WKK-omzetting aardgas (32 PJ)
= 44 PJ

¹³ Excl. warmte, elektriciteit, hernieuwbare energie en 'afval en andere energiedragers'.

C) Energetisch verbruik van fossiele brandstof
= verbruik van fossiele brandstof in ovens, ketels, kachels
+ verbruik van fossiele brandstof in warmtekracht-installaties
= 147 PJ + 44 PJ
= 191 PJ

D) Elektriciteitsopwekking WKK [voorstudie]
= rendement elektriciteitsopwekking [voorstudie]
× verbruik van fossiele brandstof in warmtekracht-installaties
= 42% × 44 PJ
= 18,5 PJ

E) Aanvoer minus aflevering elektriciteit [voorstudie]
= (13% × energetisch verbruik van fossiele energiedragers
- elektriciteitsopwekking WKK [voorstudie]) / (100% - 13%)
= (13% × 191 PJ - 18,5 PJ) / (100 - 13%)
= 7,3 PJ

F) Primair energetisch verbruik [voorstudie]
= energetisch verbruik van fossiele brandstof
+ aanvoer minus aflevering elektriciteit [voorstudie] /
(centraal elektriciteitsopwekkingsrendement)
= 191 PJ + 7,3 PJ / 40%
= 191 PJ + 18,2 PJ
= 209,2 PJ

Uitgangssituatie ECN

ECN berekent het primair verbruik door het verbruik van de energiedragers op te hogen met de omzettingsverliezen die gemaakt zijn om deze energiedrager af te leveren bij de eindverbruikers. Voor warmte is een conversiefactor van 1,11 gebruikt en voor elektriciteit een conversiefactor van 2,38. Deze conversiefactoren zijn afkomstig uit de Energiedragerslijst 2011 MEE (Agentschap NL, 2011d).¹⁴

Het primair energetisch verbruik voor de uitgangssituatie van ECN is 384 PJ.

¹⁴ De conversiefactor voor elektriciteit (8,57 GJ/MWh) is gebaseerd op een rendement van ca. 42%. De conversiefactor voor elektriciteit in de Energiedragerslijst 2011 MJA3 is 9 GJ/MWh (Agentschap NL, 2011c) en wijkt hier dus van af.

Berekening van het primair energetisch verbruik van de chemie in 2005 door ECN

Primair energetisch verbruik

$$\begin{aligned} &= \text{Finaal energetisch verbruik van fossiele energiedragers} \\ &+ \text{Finaal energetisch verbruik van biomassa} \\ &+ \text{Finaal energetisch verbruik van 'afval en andere energiedragers'} \\ &+ \text{Inzet elektriciteit/WKK-omzetting van fossiele energiedragers} \\ &+ \text{Inzet elektriciteit/WKK-omzetting van biomassa} \\ &+ \text{Inzet elektriciteit/WKK-omzetting van 'afval en andere energiedragers'} \\ &+ \text{Aanvoer minus aflevering warmte} \times \text{conversiefactor warmte} \\ &+ \text{Aanvoer minus aflevering elektriciteit} \times \text{conversiefactor elektriciteit} \\ &= 147 \text{ PJ} + 0,08 \text{ PJ} + 1,77 \text{ PJ} + 44 \text{ PJ} + 0 \text{ PJ} + 0,47 \text{ PJ} + 92,48 \text{ PJ} \times 1,11 + 37,11 \times 2,38 \\ &= 384 \text{ PJ} \end{aligned}$$

Vergelijking uitgangssituaties

Het primair energetisch verbruik in 2005 in de uitgangssituatie van ECN is aanzienlijk hoger dan het primair energetisch verbruik in de uitgangssituatie van de voorstudie (zie

Tabel 15). De belangrijkste verklaringen voor het verschil zijn:

- aanvoer van warmte is door ECN wel meegenomen en in de voorstudie niet;
- de berekening in de voorstudie geeft een te lage waarde voor de primaire energie voor elektriciteitsverbruik.

Het primair energetisch verbruik in 2005 in de uitgangssituatie van ECN is aanzienlijk hoger dan in de voorstudie.

Tabel 15: Verschil in primair energetisch verbruik

[PJ]	Uitgangssituatie voorstudie	Uitgangssituatie ECN	Verschil
Primair energetisch verbruik	209,2	384	+175
Energetisch verbruik fossiele brandstoffen	191	191	-
Primair energetisch verbruik warmte	-	103	+103
Primair energetisch verbruik elektriciteit	18,2	88	+70
Energetisch verbruik van biomassa, afval en andere energiedragers	-	2	+2

4.3 Verschillen in CO₂-uitstoot

Uitgangssituatie voorstudie

Voor het bepalen van de CO₂-uitstoot wordt in de voorstudie uitgegaan van een emissiefactor van 73,3 ton CO₂/TJ voor alle energiedragers. Het energetisch en niet-energetisch primair verbruik worden met deze factor vermenigvuldigd om te komen tot een totale CO₂-uitstoot van 52,6 Mton. Hierbij wordt er impliciet vanuit gegaan dat alle energiedragers worden verbrand en dezelfde emissiefactor hebben als aardolie.

Uitgangssituatie ECN

De totale CO₂-uitstoot (zonder emissie van overige broeikasgassen) in de uitgangssituatie van ECN is 15,6 Mton. Deze emissie is berekend volgens de voorschriften van het IPCC.¹⁵

Vergelijking uitgangssituaties

De CO₂-uitstoot in de voorstudie is substantieel hoger, voornamelijk omdat er impliciet vanuit gegaan is dat alle energiedragers worden verbrand (ook energiedragers die in de producten aanwezig blijven). Daarnaast leidt de aanname dat alle energiedragers dezelfde emissiefactor hebben als aardolie tot een afwijking.

De CO₂-uitstoot in de uitgangssituatie in de voorstudie is hoger dan in de uitgangssituatie van ECN.

Tabel 16: Verschil in CO₂-uitstoot

[Mton]	Uitgangssituatie voorstudie	Uitgangssituatie ECN	Vershil
CO ₂ -uitstoot	52,6	15,6	-37,0

¹⁵ Zie hoofdstuk 3 voor meer informatie over broeikasgasemissies. In dit hoofdstuk wordt ook een indicatie gegeven van de hoeveelheid CO₂-emissie waartoe het verbruik van energiedragers door de chemie leidt als wordt aangenomen dat alle koolstof die is opgeslagen in producten uiteindelijk zal vrijkomen als CO₂.

5

Conclusie

De chemie ontwikkelt een routekaart met een strategisch plan om de ambities voor energie en emissies te realiseren. Om de Routekaart Chemie 2030 te kunnen onderbouwen is het nodig om betrouwbare gegevens te hebben over de energie en koolstofstromen in de chemie, met name voor het referentiejaar 2005. De gegevens over energiegebruik en emissies in dit rapport kunnen dienen als uitgangspunt voor de routekaart.

De belangrijkste gegevens over de uitgangssituatie in 2005 voor de Nederlandse chemische industrie zijn:

- Primair energetisch verbruik: 384 PJ
- Finaal niet-energetisch verbruik: 550 PJ
- Totaal primair verbruik: 934 PJ

De uitstoot van broeikasgassen door de chemische industrie was in 2005 22,3 Mton CO₂-eq. De CO₂-uitstoot was 15,6 Mton. Deze emissies zijn berekend volgens de voorschriften van het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

De inzichten over het historische energiegebruik van de chemie zullen nog wijzigen als gevolg van een revisie van de energiebalans door het CBS. Betrouwbare statistische gegevens, met name over het niet-energetisch verbruik van de chemie, zijn van groot belang voor energie-efficiëntie analyses, monitoring en het onderbouwen van strategieën voor verduurzaming van de Nederlandse chemische industrie.

Referentielijst

- Agentschap NL. (2011a). *Resultaten 2010, Resultatenbrochure convenanten*.
- Agentschap NL. (2011b). *Nederlandse lijst van energiedragers en standaard CO₂-emissiefactoren*. Utrecht.
- Agentschap NL. (2011c). *Energiedragerslijst 2011 MJA3*.
- Agentschap NL. (2011d). *Energiedragerslijst 2011 MEE*.
- Agentschap NL. (2012). MEE CONVENANT Protocol Monitoring, methodiek.
- CBS. (2008). *Standaard Bedrijfsindeling 2008, Structuur*. den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek.
- CBS. (2009). *Trendbreuk in uitkomsten Energiebalans verslagjaar 2007 en 2008*. Centraal Bureau voor de Statistiek.
- CBS. (2012a). Statistiek Elektriciteit; productie en productiemiddelen. Centraal Bureau voor de Statistiek.
- CBS. (2012b). Statistiek Emissies van broeikasgassen, berekend volgens IPCC-voorschriften. Centraal Bureau voor de Statistiek.
- CBS. (2012c). Statistiek Nederlandse Energiehuishouding (NEH). Centraal Bureau voor de Statistiek.
- CBS. (2012d, January 26). Persoonlijke communicatie Dhr. J.W. Pouwelse (CBS).
- CBS, PBL, Wageningen UR. (2012). *Brandstofverbruik door de industrie, 1990-2010 (indicator 0017, versie 15, 13 maart 2012)*. Opgehaald van www.compendiumvoordeleefomgeving.nl
- ECN/PBL. (2010). *Referentieraming energie en emissies 2010-2020, ECN-E--10-004*. ECN/PBL.
- Emissieregistratie. (2012). www.emissieregistratie.nl.
- Krebbekx, J. W. (2010). *Van glazen bol naar rondbodempkolf! Nu de sleutelrol waarmaken, Voorstudie Chemie MEE/MJA3, Berenschot, VNCI, DPI, EEI*. Berenschot, VNCI, DPI, EEI.
- MEE. (2009). Meerjarenafpraak Energie-efficiëntie ETS-ondernemingen (MEE), 2 oktober 2009, Den Haag.
- MJA3. (2008, juli 1). Meerjarenafpraak Energie-Efficiëntie 2001 – 2020, Definitieve versie, 1 juli 2008.
- Neelis, M. (2006). De bruikbaarheid van de Nederlandse Prodcom- en energiestatistieken voor de berekening van de CO₂-emissies en energiebesparing in de chemische industrie. Centraal Bureau voor de Statistiek.

Bijlage A. Sankey Diagram

Figuur 17: Sankey diagram van de Nederlandse energiehuishouding in 2010 in PJ (Joost Gerdes, ECN, op basis van de energiebalans van het CBS (CBS, 2012c)).

