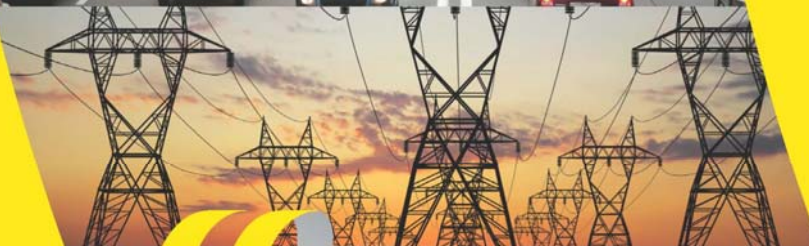




Verkenning functionele  
energievraag en  
CO<sub>2</sub>-emissies tot 2050



**CE Delft**

Committed to the Environment

Bibliotheekgegevens rapport:

## Verkenning functionele energievraag en CO<sub>2</sub>-emissies tot 2050

Bibliotheekgegevens rapport:

G.E.A. (Geert) Warringa, F.J. (Frans) Rooijers

Delft, CE Delft, juli 2015

Publicatienummer: 15.3F61.50

Opdrachtgever: Raad voor de Leefomgeving en Infrastructuur (RLI)

Alle openbare CE-publicaties zijn verkrijgbaar via [www.ce.nl](http://www.ce.nl)

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Geert Warringa.

© copyright, CE Delft, Delft



# Inhoud

|                  |   |           |
|------------------|---|-----------|
| <b>1</b>         | <b>Inleiding</b>  | <b>4</b>  |
| 1.1              | Aanleiding  | 4         |
| 1.2              | Aanpak in vogelvlucht                                   | 5         |
| 1.3              | Leeswijzer  | 6         |
| <br>             |   |           |
| <b>2</b>         | <b>Beschrijving scenario's</b>                          | <b>7</b>  |
| 2.1              | Inleiding   | 7         |
| 2.2              | Energy (R)evolution Scenario                            | 7         |
| 2.3              | IEA ETEP 2 graden-scenario                              | 10        |
| 2.4              | Conclusie   | 14        |
| <br>             |   |           |
| <b>3</b>         | <b>Resultaten</b>                                       | <b>15</b> |
| 3.1              | Inleiding   | 15        |
| 3.2              | Ontwikkelingen tot 2050 ten opzichte van 1990           | 15        |
| 3.3              | Ontwikkeling primaire vraag per functie en bron         | 16        |
| 3.4              | Conclusie   | 19        |
| <br>             |   |           |
| <b>4</b>         | <b>Conclusie</b>  | <b>20</b> |
| <br>             |   |           |
|                  | <b>Literatuurlijst</b>                                  | <b>21</b> |
| <br>             |   |           |
| <b>Bijlage A</b> | <b>Omschrijving functies</b>                            | <b>22</b> |
| A.1              | HT-warmte   | 22        |
| A.2              | LT-Warmte   | 22        |
| A.3              | Transport en mobiliteit                                 | 23        |
| A.4              | Licht en apparaten: energie voor verlichting, ICT, e.d. | 23        |
| <br>             |   |           |
| <b>Bijlage B</b> | <b>Primaire vraag per sector en functie</b>             | <b>24</b> |
| B.1              | 1990  | 24        |
| B.2              | 2012  | 25        |
| B.3              | Energy (R)Evolution                                     | 25        |
| B.4              | IEA ETP 2 graden  | 26        |



# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

De RLI werkt aan een energieadvies waarin zij onderzoekt hoe een volledig duurzame energievoorziening in 2050 kan worden bereikt. Een belangrijke vraag hierbij is hoe de energievraag en CO<sub>2</sub>-uitstoot zich tot 2050 gaan ontwikkelen voor de vier functies: licht en apparaten, transport en mobiliteit en hoge- en lage temperatuur warmte. Met name bij een analyse van toekomstige ontwikkelingen is een onderscheid in de vier functies relevant, omdat ondanks een onzekere toekomst de behoefte aan de functies zal blijven bestaan. Door uit te gaan van functionaliteiten in plaats van sectoren (zoals gebruikelijk), is het makkelijker los te komen van de huidige situatie en toekomstige ontwikkelingen te analyseren. De definitie van de vier functies is uitgelegd in Bijlage A van dit rapport.

Tot op heden is de trend voor de functies nog niet specifiek in kaart gebracht. Het Energy (R)evolution scenario van Greenpeace en de European Renewable Energy Council (EREC) geeft bijvoorbeeld wel weer hoe de energievraag en CO<sub>2</sub>-uitstoot zich in Nederland kunnen ontwikkelen, maar een specifieke indeling naar de vier genoemde functies ontbreekt. Dit geldt ook voor het 2 graden-scenario dat de IEA heeft ontwikkeld in haar Energy Technology Perspectives (ETP). Daarbij geeft IEA alleen inzicht in ontwikkelingen in de energievraag voor de Europese Unie. Een specificatie naar lidstaatniveau (waaronder Nederland) ontbreekt.

De RLI heeft CE Delft daarom gevraagd om de ontwikkeling van de energievraag en CO<sub>2</sub>-emissies, opgesplitst per functie, voor het jaar 2050 in kaart te brengen ten opzichte van het ijkjaar 1990. Uitgangspunten voor de ontwikkelingen zijn het eerder genoemde Energy (R)evolution Scenario (Greenpeace en EREC, 2013) en het IEA ETP scenario (IEA, 2015). Omdat IEA geen scenario voor Nederland heeft ontwikkeld, is een nationale vertaling gemaakt van het IEA-scenario, door voor Nederland representatieve trends op EU-niveau te vertalen naar de Nederlandse situatie. Voorliggende notitie geeft de resultaten weer, inclusief een onderbouwing van de gehanteerde aanpak. De resultaten kan de RLI gebruiken in haar energieadvies 2050.

### Doel

Een weergave van de ontwikkeling van de primaire energievraag<sup>1</sup> en CO<sub>2</sub>-uitstoot in Nederland voor 2050 ten opzichte van het ijkjaar 1990, uitgesplitst naar bron en functie.

---

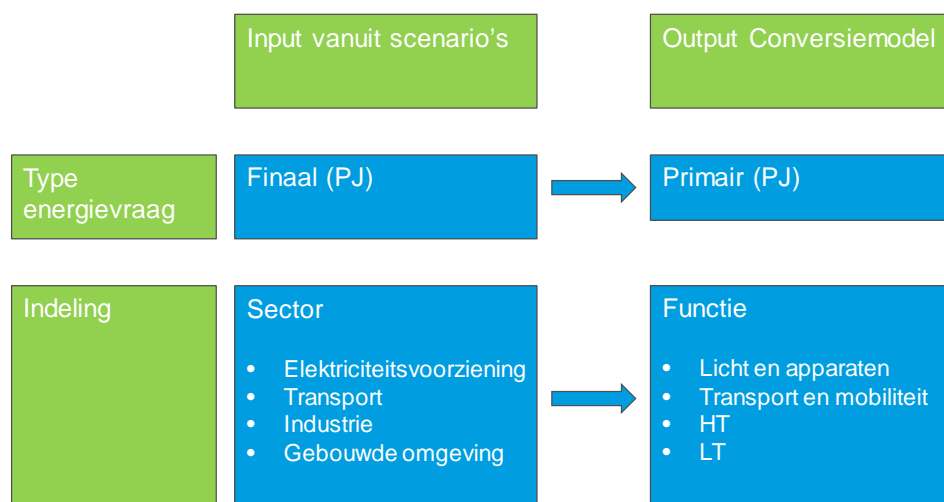
<sup>1</sup> Dit is de totale vraag naar energiebronnen inclusief de verliezen die optreden bij de productie van elektriciteit, warmte, motorbrandstoffen. De hoeveelheid gas om 1 kWh elektriciteit te produceren is bijvoorbeeld groter dan de energiehoeveelheid van de geproduceerde elektriciteit zelf.



## 1.2 Aanpak in vogelvlucht

Om de ontwikkeling in CO<sub>2</sub>-uitstoot en energievraag per functie te bepalen is gebruik gemaakt van een vereenvoudigde variant van het conversiemodel dat CE Delft heeft ontwikkeld voor Netbeheer Nederland<sup>2</sup> (CE Delft en DNV GL, 2014). Dit vereenvoudigde model maakt het mogelijk om per functie de primaire vraag naar energie en CO<sub>2</sub>-uitstoot te berekenen door de finale vraag per sector in te voeren (zie Figuur 1). Gegevens over de finale vraag<sup>3</sup> per sector zijn gedestilleerd uit de scenario's en ingevoerd in het model. Het IEA-scenario is vertaald naar nationaal niveau door representatieve trends voor Nederland te vermenigvuldigen met het basisjaar 2012 en een kwalitatieve analyse van de vraag naar verschillende energiebronnen in het eindjaar.

Figuur 1 Input en output Conversiemodel



De omrekening van de finale vraag naar de primaire vraag gebeurt aan de hand van productie- en distributierendementen<sup>4</sup>. In het conversiemodel zijn de huidige en geschatte toekomstige rendementen voor alle type bronnen en vormen van energie opgenomen.

De input per sector naar output per functie is berekend door de bijdrage per sector aan de verschillende functies te bepalen. HT-warmtevraag (> 100-120°C) is volledig industrieel, terwijl LT-warmte (< 100-120°C) wordt gevraagd in de gebouwde omgeving, landbouw en de industrie.

<sup>2</sup> De primaire energievraag en CO<sub>2</sub>-uitstoot hangen sterk met elkaar samen. Om inzicht te verkrijgen in de CO<sub>2</sub>-uitstoot per functie moet namelijk bekend zijn wat de primaire vraag naar energie is en door welke bronnen deze energie wordt geproduceerd, eventueel met gebruikmaking van CCS-technieken.

<sup>3</sup> De finale vraag is de vraag naar energie 'op de meter'. Dit is bijvoorbeeld de elektriciteit die een huishouden consumeert. Om de hieraan gerelateerde CO<sub>2</sub>-uitstoot te bepalen moet bekend zijn wat de primaire vraag is (de energie en bronnen die benodigd zijn om de te voorzien in de behoefte van de finale vraag).

<sup>4</sup> Zo bedraagt het elektrisch rendement van een aardgascentrale in 2012 bijvoorbeeld 54%. Dit betekent dat de primaire vraag naar aardgas om te voorzien in de finale elektriciteitsvraag bijna twee keer zo hoog is als de finale vraag.

Ook geven de scenario's per sector weer wat de finale vraag is naar elektriciteit en waterstof. Voor de transportsector is deze vraag geheel ingedeeld bij transport en mobiliteit; bij de industrie is aangenomen dat de vraag naar elektriciteit en waterstof volledig wordt ingezet voor de functie licht en apparaten omdat er op dit moment nog nauwelijks elektrisch wordt verwarmd. In de gebouwde omgeving en landbouw is alleen het elektriciteitsdeel dat ingezet wordt voor stadsverwarming ingedeeld in de categorie LT- warmte; het overige deel is ingedeeld bij de functie licht en apparaten. Door de groei van elektrisch vervoer, en verwarmen met elektrische warmtepompen ontstaat in de toekomst een elektriciteitsverbruik dat deels aan transport en deels aan LT- en HT-warmte wordt toegerekend. Dit geldt evenzeer voor waterstof. Door deze indeling te hanteren is een omrekening gemaakt van de vraag per sector naar de vraag per functie. Een overzicht van de primaire vraag en CO<sub>2</sub>-uitstoot per functie en sector is (in tabelvorm) weergegeven in Bijlage B van dit rapport.

### 1.3 Leeswijzer

De opzet van het rapport is als volgt:

- Hoofdstuk 2 geeft een korte samenvatting van de scenario's en de gegevens die zijn gehanteerd om de als input voor het conversiemodel.
- Hoofdstuk 3 geeft een overzicht van de resultaten.
- Hoofdstuk 4 concludeert.



# 2 Beschrijving scenario's

## 2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk beschrijven we de scenario's die ter input dienen van het Conversiemodel. In Paragraaf 2.2 en 2.3 beschrijven we achtereenvolgens het Energy (R)evolution Scenario en het IEA ETP-scenario. In deze beschrijving wordt uitgegaan van de gegevens zoals die is gepubliceerd door Greenpeace respectievelijk IEA. In Hoofdstuk 3 worden deze gegevens gebruikt om een toerekening te maken naar de vier functies.

## 2.2 Energy (R)evolution Scenario

Na eerder mondiale scenario's te hebben uitgebracht in de jaren 2007, 2008, 2010 en 2012, hebben Greenpeace en EREC in mei 2013 een scenario gepubliceerd specifiek voor Nederland. Dit scenario beschrijft volgens de auteurs een 'fundamentele route' naar een schoner klimaat en heeft twee belangrijke uitgangspunten:

1. Een vermindering van de wereldwijde CO<sub>2</sub>-uitstoot tot een niveau dat lager is dan 4 Gigaton in 2050.
2. Wereldwijde uitfasering van kernenergie.

Belangrijke kenmerken zijn dat respectievelijk 65% van de warmtevraag en 78% van de geproduceerde elektriciteit in 2050 afkomstig is van hernieuwbare bronnen. Steenkool is uitgefaseerd voor het jaar 2020; kernenergie voor 2015. De energievraag in transport neemt met meer dan 50% af tussen 2010 en 2050, terwijl 33% van de vraag wordt voorzien door elektrisch verkeer. Het scenario resulteert in een reductie van broeikasgassen van 86% in 2050 ten opzichte van 1990. In de navolgende paragrafen zijn de trends meer specifiek weergegeven.

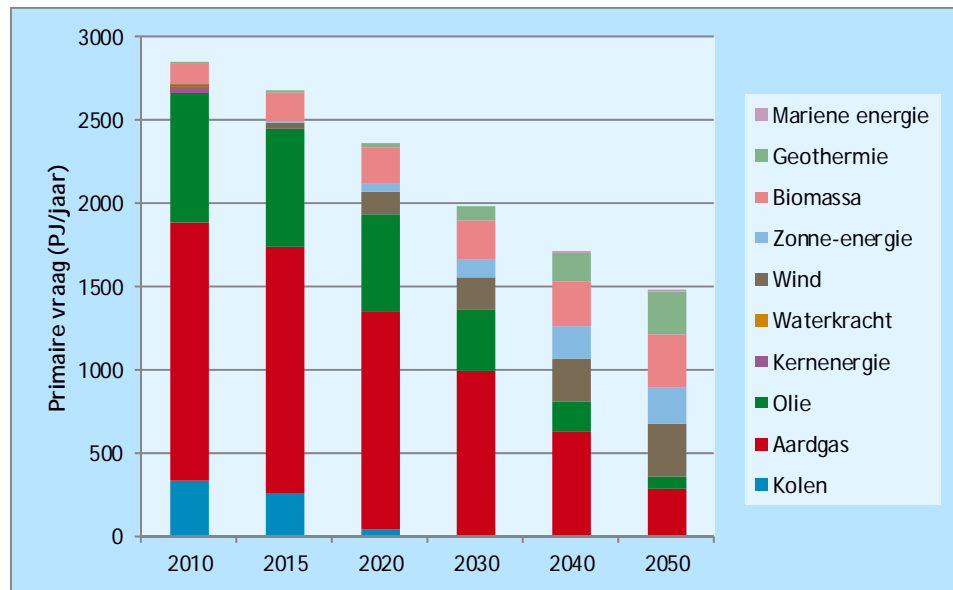
### Primaire energievraag

De primaire vraag naar energie daalt in het Energy (R)evolution Scenario tot onder de 1.500 PJ. Dit is een reductie van bijna 50% ten opzichte van 2010. Het grootste deel van de bronnen die in 2050 in de energievraag voorzien zijn hernieuwbaar. Het gaat hierbij voornamelijk om wind, zon, biomassa en geothermie.





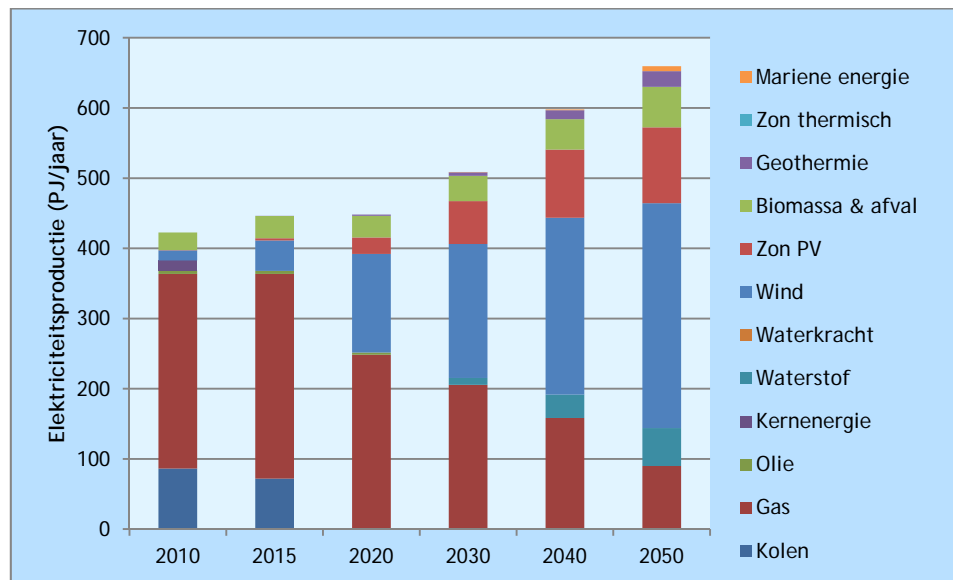
Figuur 2 Primaire energievraag in Nederland Energy (R)evolution Scenario (PJ/jaar)



### Elektriciteitsproductie

In het Energy (R)evolution Scenario stijgt de elektriciteitsproductie met grofweg een Factor 1,5 tussen 2010 en 2050. Het aandeel aardgas in de brandstofmix voor elektriciteitsproductie daalt van 65% naar 14%, terwijl het aandeel windenergie stijgt van 3% naar ongeveer 48%. Zonne-energie neemt 16% van de productie voor zijn rekening in 2050.

Figuur 3 Trends in elektriciteitsproductie Nederland (PJ/jaar)



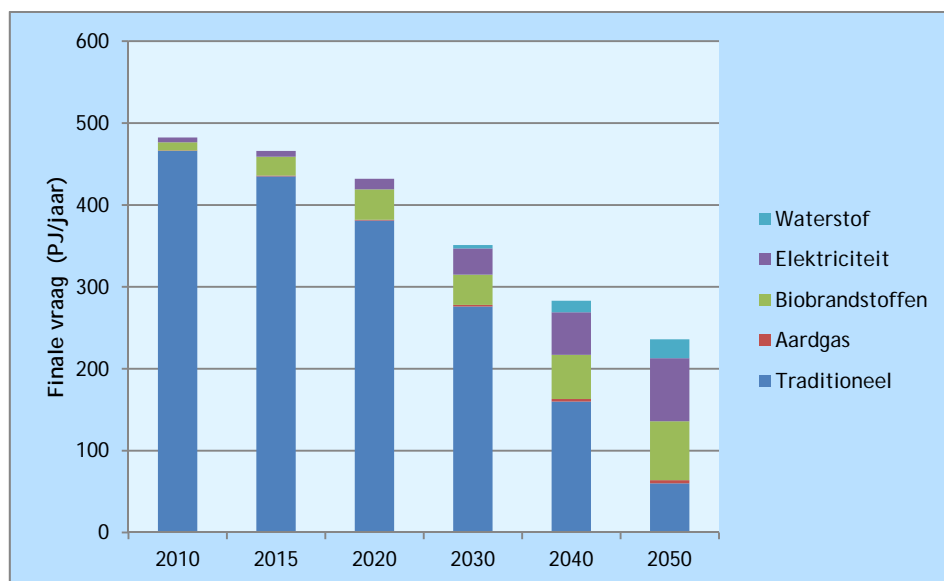
### Transport

De finale vraag naar transport halveert grofweg tussen 2010 en 2050 in het Energy (R)evolution Scenario. Het aandeel traditionele brandstoffen in de mix daalt van 97% in 2010 naar ongeveer een kwart in 2050. Het overige deel wordt ingevuld door biobrandstoffen, elektrisch vervoer, waterstof en een klein deel aardgas.





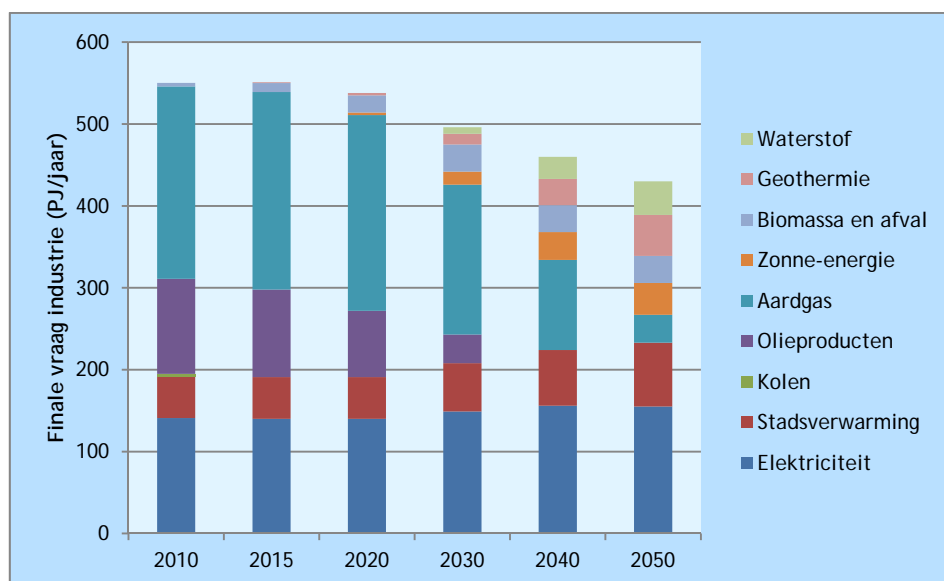
Figuur 4 Finale vraag transport in Nederland (PJ/jaar)



### Industrie

De finale energievraag in de industrie daalt met ongeveer 20% tussen 2010 en 2050. Het aandeel aardgas daalt van 43% in 2010 naar 7% in 2050; olieproducten zijn uitgefaseerd tussen 2030 en 2040. Hernieuwbare bronnen, zoals geothermie, biomassa en zonne-energie, nemen gestaag toe.

Figuur 5 Finale energievraag industrie in Nederland (PJ/jaar)

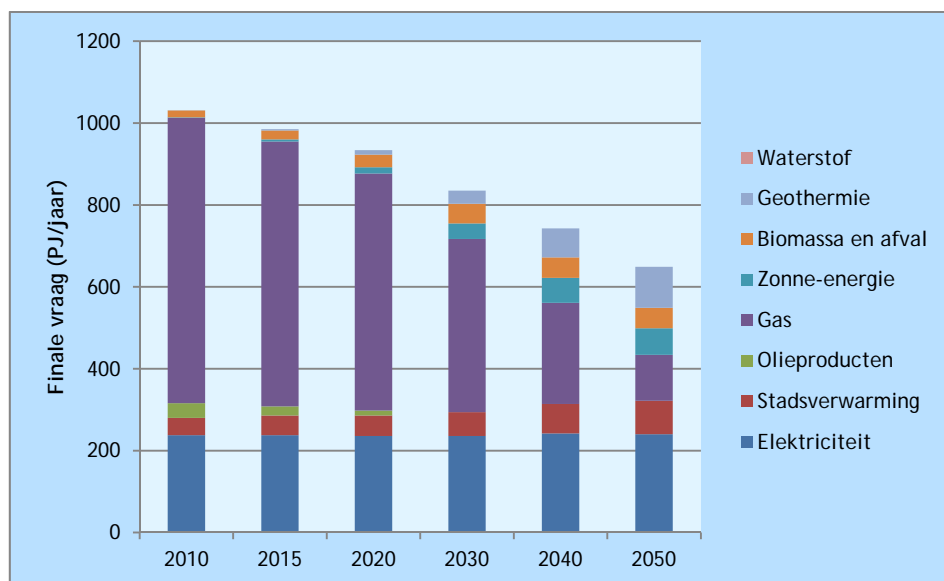


### Gebouwde omgeving en landbouw

Ook in de gebouwde omgeving en landbouw neemt de vraag naar energie sterk af; de finale vraag daalt met grofweg 40%. Terwijl aardgas in 2010 nog dominant is in de energievoorziening (67%), daalt het aandeel naar 17% in 2050. Geothermie, biomassa en zonne-energie voorzien gezamenlijk in 33% van finale vraag in 2050. Dit is een significante stijging ten opzichte van de 2% in 2010.



Figuur 6 Finale energievraag gebouwde omgeving en landbouw in Nederland (PJ/jaar)



### 2.3 IEA ETEP 2 graden-scenario

Het IEA heeft in haar Energy Technologies Perspectives (ETP) scenario's ontwikkeld die de ontwikkelingen van de energievoorziening tot 2050 weergeven voor verschillende wereldregio's en landen (zoals de Europese Unie, de VS en India), voor de periode 2012 tot 2050. Zoals eerder vermeld zijn geen scenario's ontwikkeld specifiek voor Nederland.

De scenario's zijn gebaseerd op vier samenhangende modellen voor de energievoorziening, de gebouwde omgeving, de industrie en de transport sector. In het kader van de ETP zijn verschillende scenario's ontwikkeld<sup>5</sup> waarvan het 2 graden-scenario centraal staat. Dit scenario is gebaseerd op een traject waarbij de kans 50% is dat de mondiale temperatuurstijging beperkt blijft tot 2°C. Het 2 graden-scenario komt in grote lijnen overeen met het 450- scenario<sup>6</sup> van de World Energy Outlook.

Alhoewel het Energy (R)evolution Scenario net als het IEA-scenario als uitgangspunt heeft dat de temperatuurstijging beperkt blijft tot maximaal 2°C, zijn de uitgangspunten van het IEA minder ambitieus. Waar het Energy (R)evolution Scenario een maximale wereldwijde uitstoot van 4 Gigaton als uitgangspunt heeft, is er in het IEA ETP-scenario ruimte voor een wereldwijde uitstoot van 14 Gigaton in 2050. Andere belangrijke verschillen zijn dan er in het IEA-scenario inzet is van kernenergie en dat in tegenstelling tot het Energy (R)evolution Scenario een deel van de CO<sub>2</sub>-reductie wordt gerealiseerd door afvang (CCS).

<sup>5</sup> Waarbij de temperatuurstijging beperkt blijft tot 2, 4 of 6°C.

<sup>6</sup> Dit scenario gaat uit van een CO<sub>2</sub>-concentratie van 450 PPM in de atmosfeer.

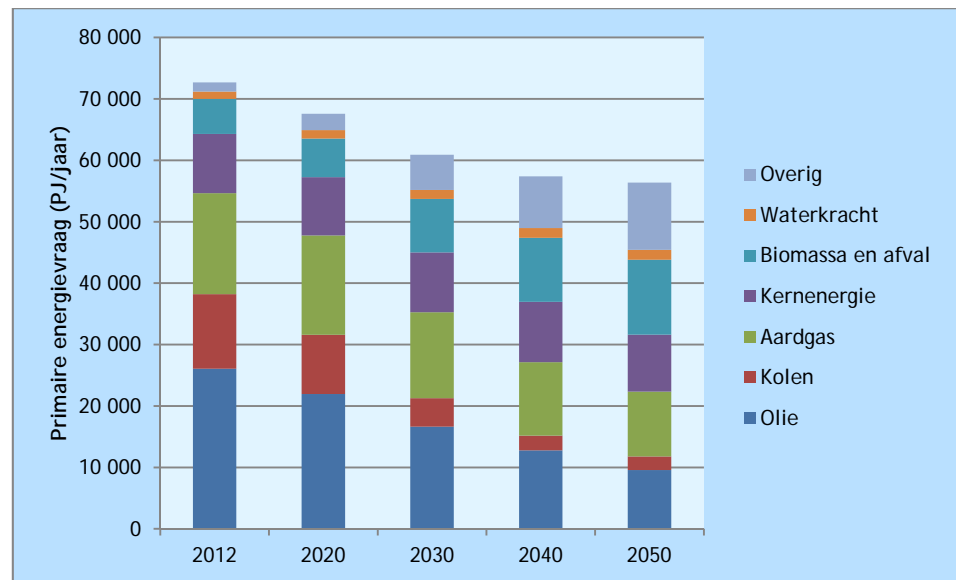
Belangrijke overige kenmerken zijn dat de primaire energievraag voor de Europese Unie afneemt met 19% tussen 2012 en 2050. Van de totale primaire vraag in 2050 wordt 16% ingevuld door kernenergie en bijna een kwart (22%) door biomassa en afval. Gas (19%), kolen (4%) en olie (17%) nemen gezamenlijk 40% van de energievraag voor hun rekening, terwijl waterkracht (3%) en overige bronnen zoals wind, zon, etc. (19%) voorzien in het overige deel van de vraag. Bij alle elektriciteit opgewekt met kolen wordt CCS toegepast. Dit geldt ook voor het leeuwendeel (80%) van de elektriciteit opgewekt met aardgas en het aardgas dat wordt ingezet in de industrie.

De finale vraag in de transportsector neemt af met 35%. Hiervan is meer dan de helft traditionele brandstoffen, 10% elektrisch, 30% gebaseerd op biobrandstoffen en 5% waterstof. In de navolgende paragrafen zijn de trends meer specifiek weergegeven.

### Primaire energievraag

De primaire energievraag daalt in het IEA-scenario met 22%. Van de fossiele bronnen nemen de hoeveelheden olie en kolen af met respectievelijk 63 en 82%. De hoeveelheid aardgas daalt minder sterk (36%) terwijl de hoeveelheid kernenergie min of meer constant blijft.

Figuur 7 Primaire energievraag in de EU (PJ/jaar)

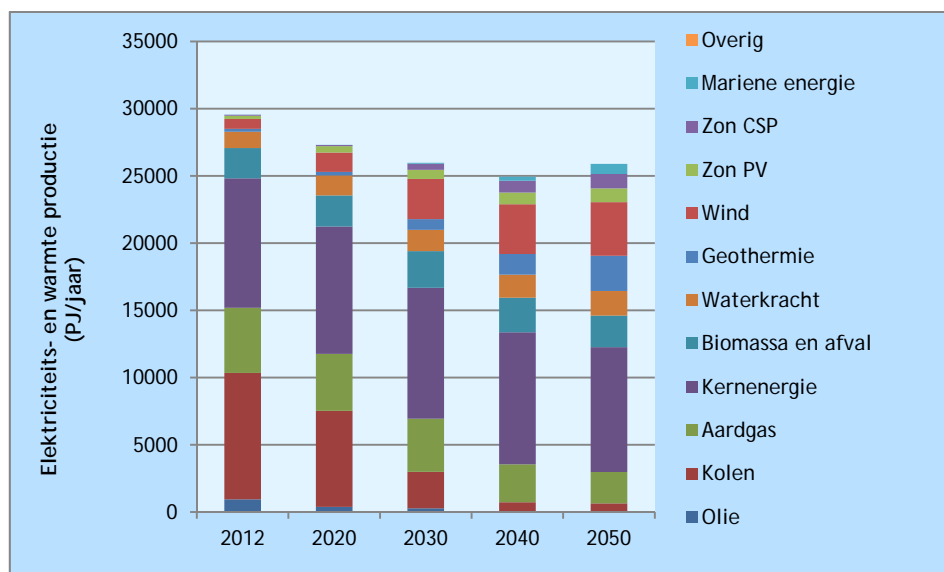


### Elektriciteits- en warmteproductie

De productie van elektriciteit en warmte in het IEA-scenario daalt met 12% tussen 2010 en 2050. De geproduceerde hoeveelheid kernenergie blijft min of meer constant. De hoeveelheid energie geproduceerd met kolen daalt met 93% tussen 2010 en 2050, terwijl de hoeveelheid energie uit hernieuwbare bronnen (biomassa, waterkracht, geothermie, wind en zon) stijgt van 15 naar 53%.



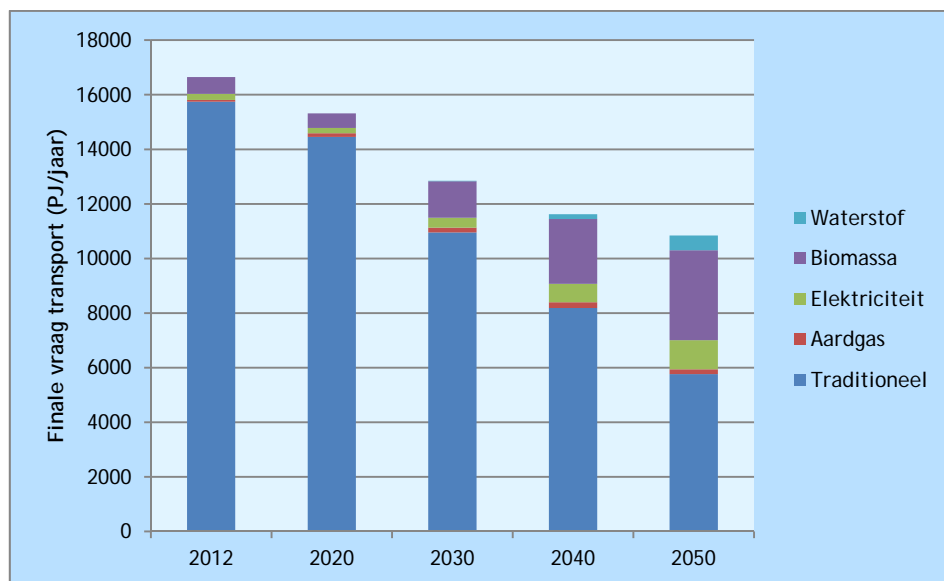
Figuur 8 Elektriciteits- en warmteproductie in de EU (PJ/jaar)



### Transport

De finale vraag in de transportsector daalt met 35%. Het aandeel traditionele transport & mobiliteit (benzine, diesel, etc.) daalt van 95% naar ongeveer 50%. Het aandeel biobrandstoffen stijgt naar zo'n 30%.

Figuur 9 Finale vraag transportsector in de EU (PJ/jaar)

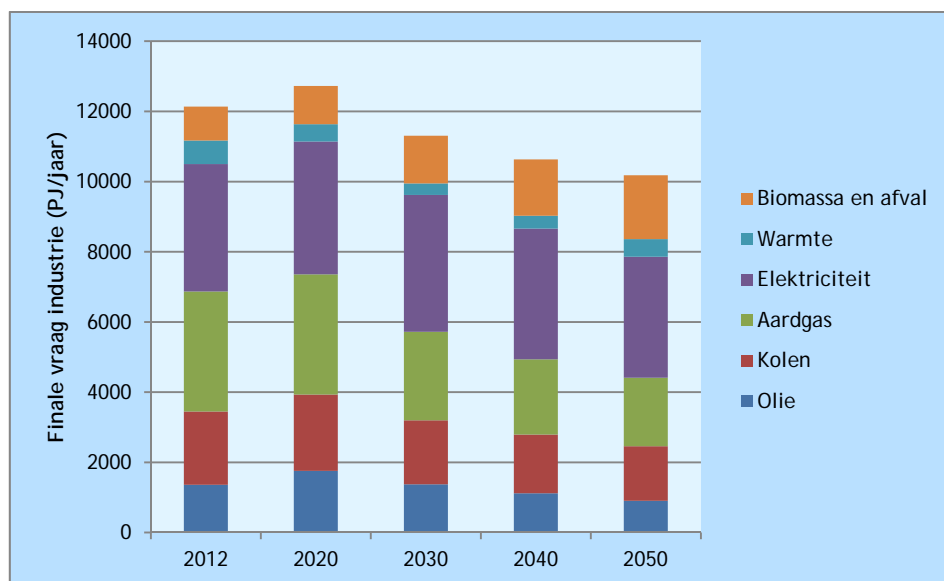


### Industrie

In de industrie stijgt de vraag tussen 2012 en 2020, om vervolgens tot 2050 per saldo met 15% te dalen. Aardgas, olie en kolen dalen sneller dan het gemiddelde met respectievelijk 43%, 34% en 25%, terwijl de vraag naar biomassa daarentegen nagenoeg verdubbelt.



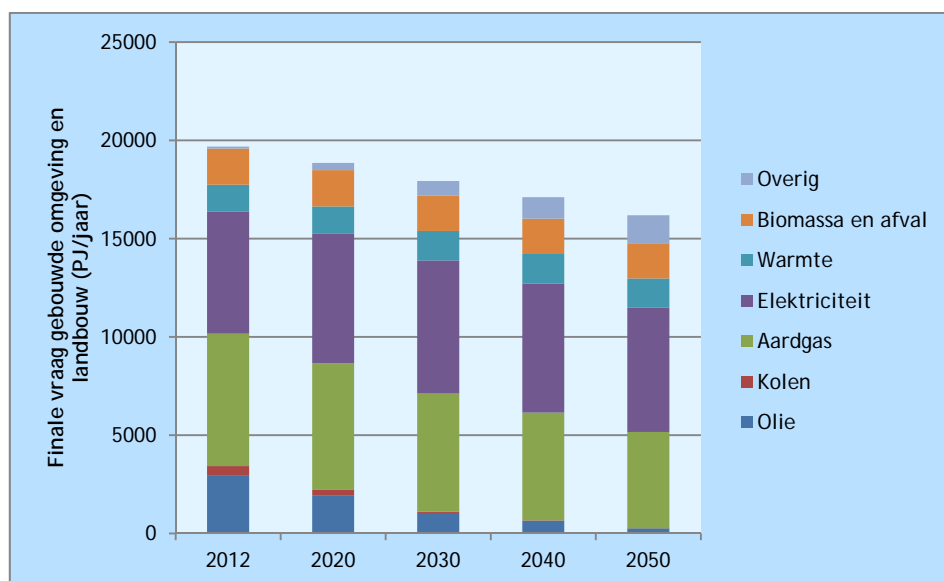
Figuur 10 Ontwikkeling finale vraag industrie in de EU (PJ/jaar)



### Gebouwde omgeving en landbouw

Ook in de gebouwde omgeving en landbouw vindt een daling in de energiegebruik plaats. De vraag naar olie daalt met 91%, terwijl kolen geheel zijn uitgefaseerd. Het gebruik van aardgas daalt met 27%, terwijl de vraag naar elektriciteit, warmte en biomassa min of meer constant blijft.

Figuur 11 Finale vraag gebouwde omgeving en landbouw in de EU (PJ/jaar)



## 2.4 Conclusie

In dit hoofdstuk zijn de twee scenario's besproken die als input dienen voor het conversiemodel. Het Energy (R)evolution Scenario gaat uit van een reductie van de primaire energievraag tussen 2010 en 2050 met bijna 50%. Het IEA ETP 2 graden-scenario is ontwikkeld op het schaalniveau van de Europese Unie en gaat uit van een reductie van de primaire vraag met zo'n 20 tot 25%. In Hoofdstuk 3 zijn de resultaten beschreven van de vertaling van deze scenario's naar Nederland per functie voor het jaar 2050.



# 3 Resultaten

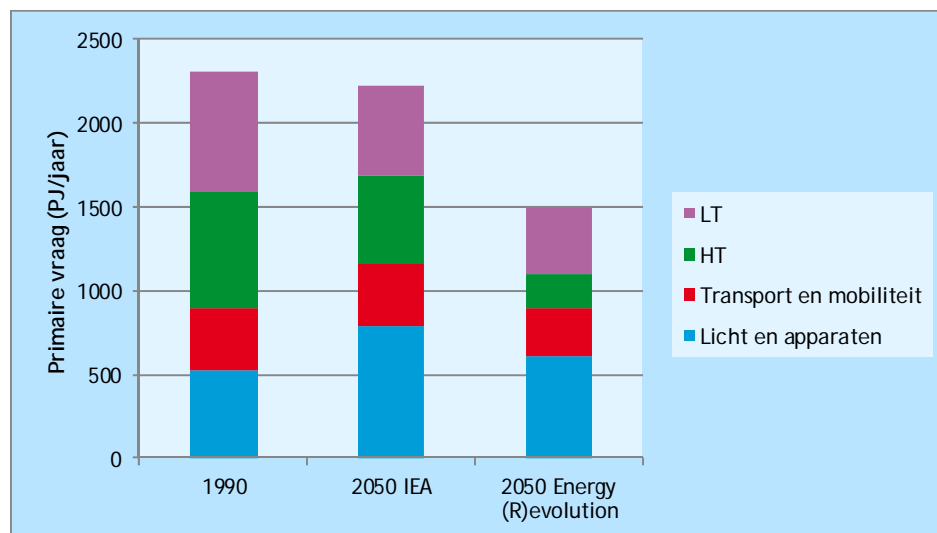
## 3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk beschrijven we de resultaten. In Paragraaf 3.2 beschrijven we de ontwikkelingen tot 2050 in de primaire energievraag en CO<sub>2</sub>-emissies tot 2050 op basis van de twee scenario's ingedeeld naar de vier functies. Deze resultaten zijn afgezet tegen het ijkjaar 1990. In Paragraaf 3.3 beschrijven we de resultaten meer specifiek naar functie en bron.

## 3.2 Ontwikkelingen tot 2050 ten opzichte van 1990

De ontwikkelingen in de primaire energievraag zijn weergegeven in Figuur 12. Het totale primaire verbruik (exclusief feedstock) in 1990 was zo'n 2.310 PJ. Alleen het Energy (R)evolution Scenario laat een significante daling zien. In het IEA-scenario komt tot de totale primaire vraag (iets lager) uit op zo'n 2.220 PJ. In het Energy (R)evolution Scenario komt de vraag uit op zo'n 1.500 PJ. Voor LT- en HT-warmte geldt in beide scenario's dat de primaire vraag, ondanks de economische groei, daalt. Hierbij spelen maatregelen om de energie-efficiency te verbeteren een belangrijke rol. De vraag naar licht en apparaten stijgt in beide scenario's ten opzichte van 1990. De primaire vraag naar transport en mobiliteit blijft ongeveer gelijk in het IEA-scenario, terwijl deze daalt in het Energy (R)evolution Scenario.

Figuur 12 Ontwikkeling primaire energievraag ten opzichte van 1990 (PJ/jaar)



Bron: Eigen berekeningen op basis van Energiebalans CBS<sup>7</sup> (voor het jaar 1990), IEA (2015) en Greenpeace en EREC (2013).

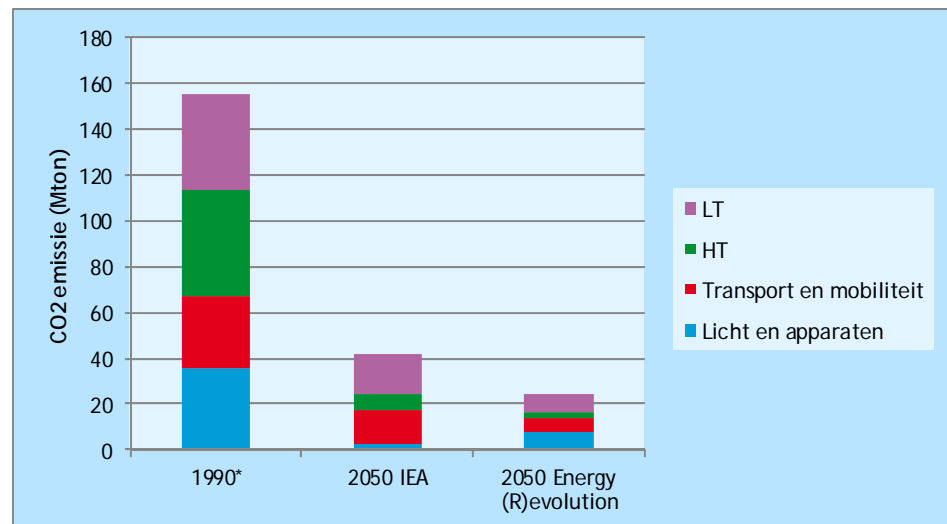
<sup>7</sup> <http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication/?DM=SLNL&PA=37281&D1=a&D2=a&D3=l&VW=T>. Geraadpleegd op 13-7-2015.





De bijbehorende CO<sub>2</sub>-uitstoot is weergegeven in Figuur 13. De CO<sub>2</sub>-uitstoot daalt in het Energy (R)evolution Scenario en het IEA-scenario respectievelijk tot 24 Mton en 42 Mton. Dit komt overeen met een reductie van 74% (IEA) en 85% (Energy (R)evolution) van de broeikasgassen ten opzichte van 1990<sup>8</sup>. Het IEA scenario komt hiermee iets lager uit dan de doelstelling van 80% tot 95% reductie ten opzichte van 1990; de reductie in het Energy (R)evolution Scenario valt erbinnen. De figuur laat zien dat de emissiereductie in het IEA-scenario relatief het grootst is voor de functies licht en apparaten en HT. De reden is dat 80% van de CO<sub>2</sub>-emissies van energie opgewekt met aardgas wordt afgevangen met CCS. In het Energy (R)evolution Scenario wordt geen CCS toegepast maar wordt de reductie volledig gerealiseerd door een combinatie van relatief meer energiebesparing en inzet van hernieuwbare energie.

Figuur 13 Ontwikkeling CO<sub>2</sub>-uitstoot (Mton)



Bron: Eigen berekeningen op basis van Energiebalans CBS<sup>9</sup> (voor het jaar 1990), IEA (2015) en Greenpeace en EREC (2013).

\* In deze figuur tellen de totale CO<sub>2</sub>-emissies van de functies in 1990 op tot 155 Mton in plaats van 161 Mton die wordt gerapporteerd door het IPCC. Een verklaring voor deze (lichte) afwijking is mogelijk een verschil in berekeningswijze.

### 3.3 Ontwikkeling primaire vraag per functie en bron

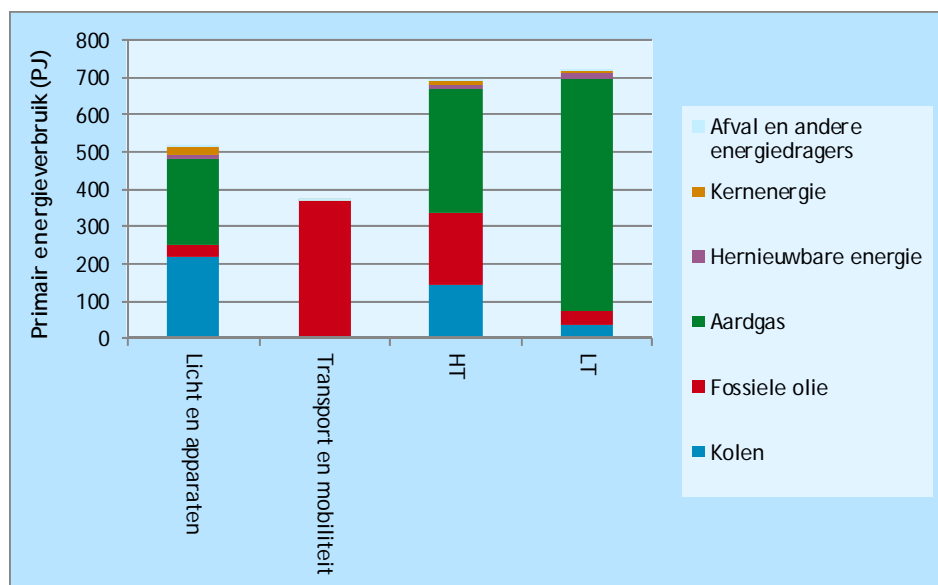
Een overzicht van de bronnen per functie voor het jaar 1990 is weergegeven in Figuur 14. De figuur laat zien dat aardgas de meest dominante bron is voor de functies LT en HT in 1990. Ook kolen en fossiele olie zijn een relatief belangrijke bron binnen de functie HT. Voor licht en apparaten zijn aardgas en steenkool verreweg de belangrijke categorieën, terwijl de functie transport & mobiliteit wordt vrijwel geheel ingevuld door traditionele brandstoffen in 1990.

<sup>8</sup> De uitstoot in 1990 bedroeg volgens het IPCC 161 Mton. <http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication/?VW=T&DM=SLNL&PA=70946ned&LA=nl>

<sup>9</sup> <http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication/?DM=SLNL&PA=37281&D1=a&D2=a&D3=I&VW=T>. Geraadpleegd op 13-7-2015.



Figuur 14 Primaire vraag per functie en bron in 1990 (PJ/jaar)

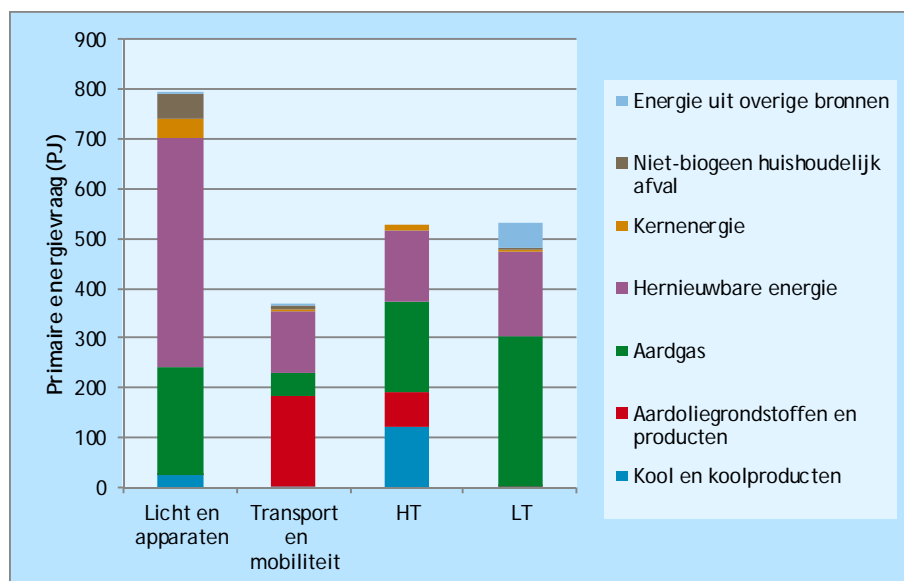


Bron: Eigen berekening op basis van energiebalans CBS (Statline)<sup>10</sup>.

Het beeld voor 2050 bij het IEA-scenario is weergegeven in Figuur 15. Steenkool is nagenoeg uitgefaseerd voor de functie licht en apparaten, het aandeel aardgas is sterk gedaald terwijl het aandeel hernieuwbare energie is toegenomen. Ook voor de functies transport en mobiliteit en HT is het aandeel traditionele brandstoffen sterk afgenomen ten gunste van hernieuwbare energie. In de LT-functie is de verandering in samenstelling relatief het kleinst. De reductie in CO<sub>2</sub>-emissies voor deze functie is het gevolg van een combinatie van energie-besparingsmaatregelen en substitutie door hernieuwbaar. Zoals eerder vermeld vindt een sterke reductie in CO<sub>2</sub>-emissies plaats voor de functies licht en apparaten en HT doordat zo'n 80% van de CO<sub>2</sub>-emissies wordt afgevangen met CCS.

<sup>10</sup> <http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication/?DM=SLNL&PA=37281&D1=a&D2=a&D3=I&VW=T>  
Geraadpleegd op 13-7-2015.

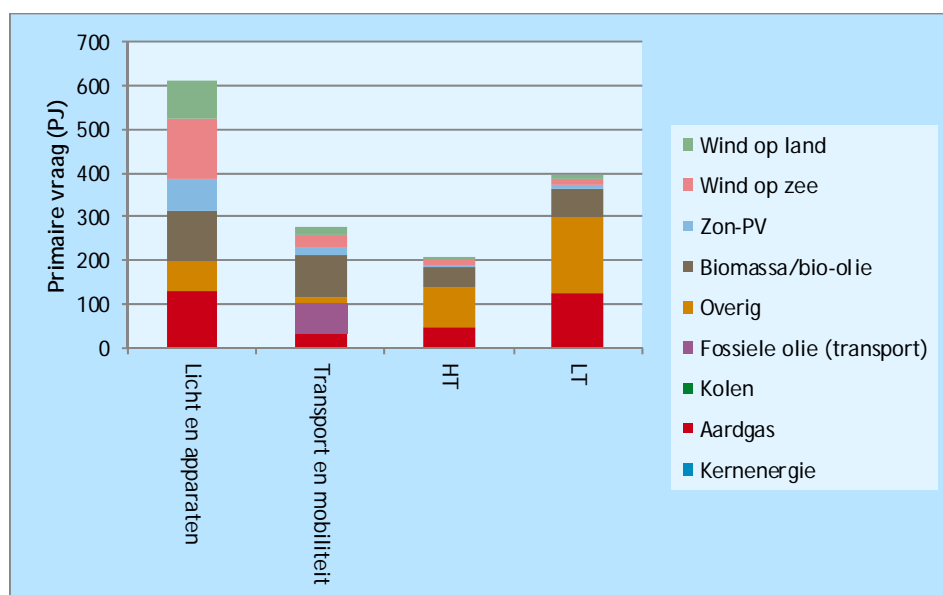
Figuur 15 Primaire vraag per functie en bron 2050 IEA ETP (PJ/jaar)



Bron: Eigen berekening op basis IEA (2015). Hernieuwbare energie is in dit scenario niet verder gespecificeerd. Omdat het IEA scenario voor de EU is opgesteld, zijn voor Nederland representatieve trends vanuit het basisjaar 2012 geëxtrapoleerd. Omdat hernieuwbare energie niet verder gespecificeerd is in het basisjaar 2012 (cijfers energiebalans), is dat in deze figuur ook niet gebeurd.

De resultaten voor het Energy (R)evolution Scenario zijn weergegeven in Figuur 16. Naast een sterke reductie in de primaire vraag wordt het grootste deel van de fossiele brandstoffen gesubstitueerd. Voor alle vier de functies wordt verreweg het grootste deel van de energievraag voorzien door hernieuwbare bronnen. De resterende CO<sub>2</sub>-emissies in dit scenario zijn afkomstig van aardgas en fossiele olie (transport).

Figuur 16 Primaire vraag per functie en bron 2050 Energy (R)evolution Scenario (PJ/jaar)



Bron: Eigen berekening op basis van Greenpeace en EREC (2013). In deze figuur is het wel mogelijk geweest om hernieuwbare energie verder in te delen, omdat Greenpeace een eigen scenario voor Nederland heeft ontwikkeld.

### 3.4 Conclusie

In dit hoofdstuk zijn de primaire energievraag en CO<sub>2</sub>-emissies in 2050 weergegeven op basis van het IEA-scenario en het Energy (R)evolution Scenario. Het Energy (R)evolution Scenario laat een sterkere daling van de primaire energievraag en CO<sub>2</sub>-emissies zien dan in het IEA scenario. In het Energy (R)evolution wordt een CO<sub>2</sub>-reductie van 85% gerealiseerd ten opzichte van 1990. In het IEA ETP-scenario is dit 74%.



# 4 Conclusie

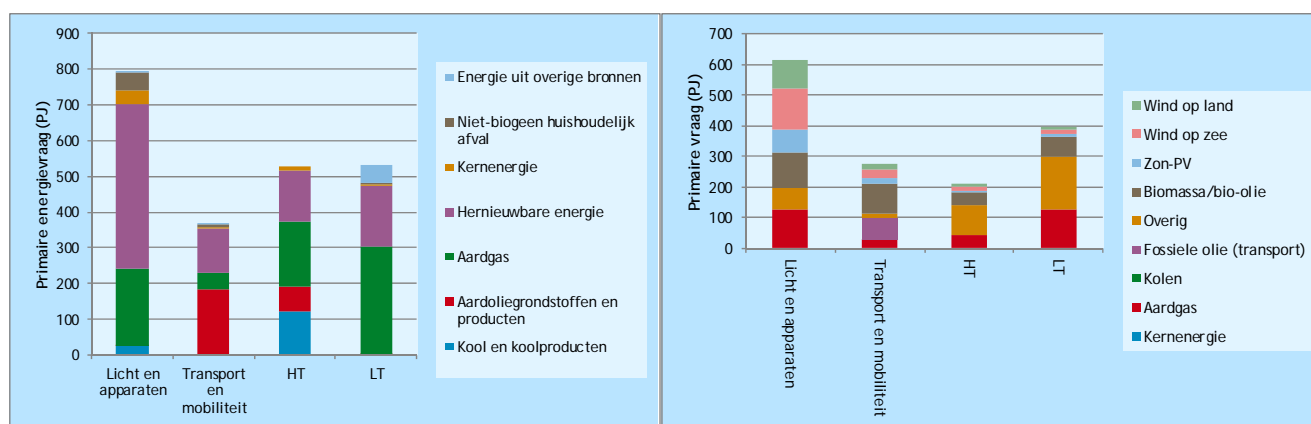
De RLI werkt aan een energieadvies waarin zij onderzoekt hoe een volledig duurzame energievoorziening in 2050 kan worden bereikt. Een belangrijke vraag hierbij is hoe de energievraag en CO<sub>2</sub>-uitstoot zich tot 2050 gaan ontwikkelen voor de functies licht en apparaten, transport en mobiliteit en hoge- en lage temperatuur warmte ten opzichte van het ijkjaar 1990.

In dit onderzoek zijn de beelden in kaart gebracht op basis van het IEA ETP 2 graden-scenario en het Energy (R)evolution Scenario van Greenpeace en EREC. Hierbij is gebruik gemaakt van een versimpelde variant van het Conversiemodel dat CE Delft heeft ontwikkeld. Omdat in het IEA ETP-scenario een specificatie naar lidstaatsniveau (waaronder Nederland) ontbreekt, is een nationale vertaling van dit scenario gemaakt door voor Nederland representatieve trends te vermenigvuldigen met het basisjaar 2012.

De resultaten laten een sterke tot zeer sterke reductie zien in de primaire vraag in het Energy (R)evolution Scenario; de totale Nederlandse primaire energievraag in het IEA-scenario is vergelijkbaar met 1990. Ook de inzet van fossiele brandstoffen in het IEA-scenario is groter dan in het Energy (R)evolution Scenario, maar dit wordt deels ondervangen door afvang van CO<sub>2</sub> (CCS). Daarbij wordt in het IEA-scenario kernenergie ingezet, terwijl dit in het Energy (R)evolution Scenario op korte termijn (voor 2020) is uitgefaseerd.

Ondanks de min of meer gelijkblijvende primaire energievraag op nationaal niveau, daalt de CO<sub>2</sub>-uitstoot bij een nationale vertaling van het IEA-scenario met 74% ten opzichte van 1990. Dit komt in de buurt van de beleidsdoelstelling van minstens 80% reductie om de opwarming te beperken tot 2 graden. In het Energy(R)evolution Scenario, dat uitgaat van een sterkere mondiale reductie van de CO<sub>2</sub>-uitstoot dan het IEA-scenario, wordt de doelstelling met 85% ruimschoots gerealiseerd.

Figuur 17 Primaire vraag per functie en bron 2050 IEA respectievelijk Greenpeace (PJ/jaar)



# Literatuurlijst

## **CE Delft en DNV (2014)**

Scenario-ontwikkeling energievoorziening 2030. F.J. Rooijers, B.L. Schepers (beiden CE Delft) R.J.F. van Gerwen, W. van der Veen (beiden DNV GL). Delft juni 2014.

## **CE Delft (2014a)**

Kansen voor Warmte, B.L. Schepers, S.J. Aarnink. Delft februari 2014.

## **ECF (2010)**

Roadmap 2050. A practical guide to a prosperous, low carbon Europe. Volume 1, April 2010.

## **Greenpeace en EREC (2013)**

Energy (r)evolution. A sustainable Netherlands energy outlook. Mei 2013.

## **IEA (2015)**

Energy Technology Perspectives 2015. Mobilising Innovation to Accelerate Climate Action. Paris, 2015.



# Bijlage A Omschrijving functies

## A.1 HT-warmte

In deze studie is hoge temperatuur warmtevraag gedefinieerd als de vraag naar temperaturen boven de 100-120°C. Deze vraag komt volledig voor rekening voor de industrie. Voorbeelden van processen waarbij hoge temperatuurwarmte wordt ingezet zijn:

- Verwarming van fornuizen van stoomkrakers en fornuizen voor productie van methanol, ammoniak en waterstof (chemische industrie).
- Productie en verwerking van ruwe staal (basismetalaalindustrie). In de non-ferro industrie is hoge temperatuur warmtevraag gekoppeld aan smelten en gieten van metalen.
- Warmte in ovens voor productie van glas, glaswol, steenwol, keramische producten en cementklinker (bouwmaterialenindustrie).
- Een deel van de warmte voor koken, drogen, indampen en bakken in de voeding- en genotsmiddelenindustrie (ongeveer 50% van dit energieverbruik is boven de 100°C).
- Warmte voor papier drogen en pulp in de papier- en kartonindustrie.
- Raffinage processen als destillatie, ontzwaveling, reforming, catcracking en visbreaking vragen hoge temperaturen, opgewekt in restgas of overige aardolieproducten verwarmde fornuizen.

De industriële warmtevraag heeft voor meer dan de helft een temperatuur-niveau van meer dan 500°C. Het grootste deel van de vraag is afkomstig uit de chemische industrie, gevolgd door raffinage en de basismetalaalindustrie.

## A.2 LT-Warmte

Lage temperatuurwarmte wordt zowel in de industrie als de gebouwde omgeving (inclusief landbouw) ingezet. Het aandeel in de industrie is echter relatief beperkt (10%).

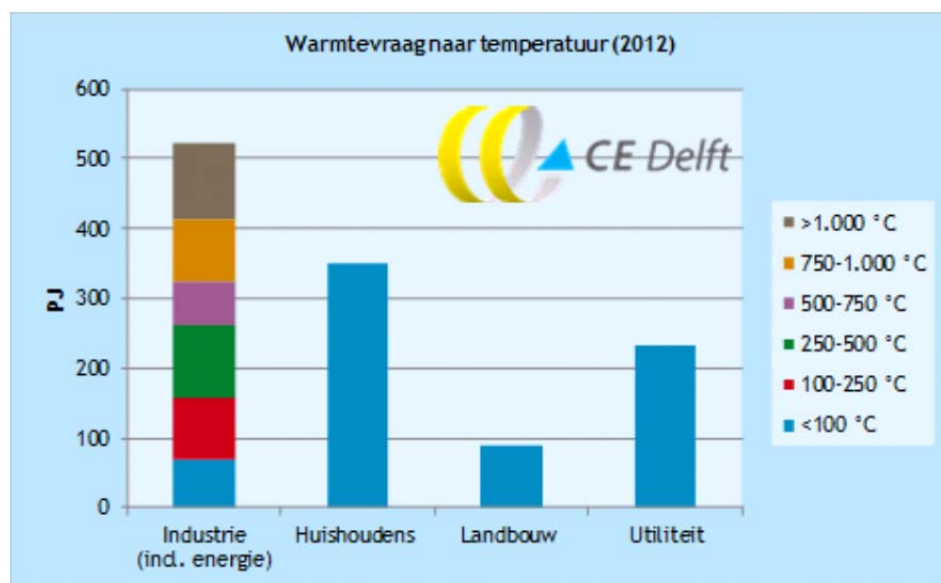
In de glastuinbouw wordt de warmte vrijwel uitsluitend ingezet voor de verwarming van de kas, terwijl in de gebouwde omgeving naast ruimteverwarming ook warmte wordt ingezet voor warm tapwater en koken. Ook in de industrie is er vraag naar warm tap water en ruimteverwarming (bijvoorbeeld voor de kantoorruimtes bij de fabrieken). Daarnaast wordt lage temperatuurwarmte in de industrie ingezet bij processen zoals koken, drogen, indampen en bakken in de voedings- en genotsmiddelenindustrie.

De vraag naar LT-warmte is het grootste bij huishoudens, gevolgd door utiliteitsbouw, de landbouw en de industrie (zie ook Figuur 18).





Figuur 18 Warmtevraag in 2012 in Nederland



bron: CE Delft (2014a)

### A.3 Transport en mobiliteit

Motorbrandstoffen zijn brandstoffen die worden verbrand voor de aandrijving van vervoersmiddelen die personen of goederen verplaatsen. Hiertoe behoren onder andere motorbenzine, autodiesel, kerosine, aardgas, elektriciteit, stookolie, biodiesel en waterstof. Het gaat hierbij om vervoer over de openbare weg. Het vervoer op het eigen bedrijfsterrein en verbruik door mobiele werktuigen zoals tractoren en mobiele machines voor de bouw die niet op de openbare weg opereren vallen niet binnen deze categorie.

### A.4 Licht en apparaten: energie voor verlichting, ICT, e.d.

Licht en apparaten is de verzamelterm voor functies waarin elektriciteit als energiedrager is benodigd, met uitzondering van elektriciteit voor de functies transport, LT- en HT-warmte. Dit zijn met name de functies verlichting en elektrische aandrijving van apparaten en processen. Ook elektrisch energieverbruik voor koeling bij huishoudens (airco), de dienstensector (supermarkten, datacenters) en de industrie (chemie, zuivel, koelhuizen) valt binnen deze categorie. Voor de productie van elektriciteit worden zowel fossiele brandstoffen gebruikt (thermische centrales en (diesel)generatoren) als hernieuwbare bronnen (zon, wind, biomassa).

# Bijlage B Primaire vraag per sector en functie

## B.1 1990

De primaire vraag per functie en sector is weergegeven in Tabel 1. De tabel laat zien dat licht en apparaten zowel wordt ingezet in de industrie als de gebouwde omgeving en de landbouw terwijl motorbrandstoffen alleen worden ingezet in de transportsector. HT-warmte wordt exclusief ingezet in de industrie, terwijl LT-warmte voornamelijk in de gebouwde omgeving en de landbouw wordt ingezet (zie ook Figuur 18).

Tabel 1 Primaire energievraag 1990 opgesplitst naar functie en sector (PJ)

|                         | Transport | Industrie | Gebouwde omgeving en landbouw | Totaal (afgerond) |
|-------------------------|-----------|-----------|-------------------------------|-------------------|
| Licht en apparaten      | 0         | 240       | 280                           | 520               |
| Transport en mobiliteit | 370       | 0         | 0                             | 370               |
| HT                      | 0         | 700       | 0                             | 700               |
| LT                      | 0         | 50        | 670                           | 720               |
| Totaal (afgerond)       | 370       | 990       | 950                           | 2310              |

De corresponderende CO<sub>2</sub>-emissies zijn weergegeven in Tabel 2. De CO<sub>2</sub>-emissies komen uit op een totaal van 155 Mton. Dit is een (lichte) afwijking ten opzichte van de emissies die IPPC rapporteert voor het jaar 1990 (161 Mton).

Tabel 2 CO<sub>2</sub>-emissies 1990 opgesplitst naar functie en sector (Mton)

|                         | Transport | Industrie | Gebouwde omgeving en landbouw | Totaal (afgerond) |
|-------------------------|-----------|-----------|-------------------------------|-------------------|
| Licht en apparaten      | 0         | 17        | 20                            | 36                |
| Transport en mobiliteit | 31        | 0         | 0                             | 31                |
| HT                      | 0         | 47        | 0                             | 47                |
| LT                      | 0         | 3         | 38                            | 41                |
| Totaal (afgerond)       | 31        | 66        | 58                            | 155               |

Hierbij merken we op dat de opgetelde totalen kunnen afwijken door afrondingsverschillen. Zo zouden de totalen voor LT warmte op het eerste gezicht op moeten tellen tot 37 Mton (17 Mton industrie en 20 Mton gebouwde omgeving). Als echter cijfers achter de komma worden meegerekend (16,5 Mton industrie en 19,5 Mton gebouwde omgeving) komt het totaal echter op 36 Mton. Omdat het presenteren van cijfers achter de komma een te grote nauwkeurigheid zou suggereren, hebben we ervoor gekozen alleen afgeronde totalen te presenteren. Om dezelfde reden is de primaire energievraag afgerond op tientallen.



## B.2 2012

De primaire vraag per functie en sector voor 2012 is weergegeven in Tabel 3.

Tabel 3 Primaire energievraag 2012 opgesplitst naar functie en sector (PJ)

|                         | Transport | Industrie | Gebouwde omgeving en landbouw | Totaal (afgerond) |
|-------------------------|-----------|-----------|-------------------------------|-------------------|
| Licht en apparaten      | 0         | 260       | 440                           | 700               |
| Transport en mobiliteit | 500       | 0         | 0                             | 500               |
| HT                      | 0         | 670       | 0                             | 670               |
| LT                      | 0         | 40        | 750                           | 790               |
| Totaal (afgerond)       | 500       | 970       | 1190                          | 2660              |

De corresponderende CO<sub>2</sub>-emissies zijn weergegeven in Tabel 4.  
De CO<sub>2</sub>-emissies komen uit op een totaal van 166 Mton.

Tabel 4 CO<sub>2</sub>-emissies 2012 opgesplitst naar functie en sector (Mton)

|                         | Transport | Industrie | Gebouwde omgeving en landbouw | Totaal (afgerond) |
|-------------------------|-----------|-----------|-------------------------------|-------------------|
| Licht en apparaten      | 0         | 16        | 26                            | 42                |
| Transport en mobiliteit | 37        | 0         | 0                             | 37                |
| HT                      | 0         | 43        | 0                             | 43                |
| LT                      | 0         | 2         | 43                            | 45                |
| Totaal (afgerond)       | 37        | 61        | 69                            | 166               |

## B.3 Energy (R)Evolution

Een overzicht van de primaire vraag per functie en sector voor het Energy (R)evolution Scenario is weergegeven in Tabel 5.

Tabel 5 Primaire energievraag in 2050 opgesplitst naar functie en sector Energy (R)evolution (PJ)

|                         | Transport | Industrie | Gebouwde omgeving en landbouw | Totaal (afgerond) |
|-------------------------|-----------|-----------|-------------------------------|-------------------|
| Licht en apparaten      | 0         | 240       | 370                           | 610               |
| Transport en mobiliteit | 280       | 0         | 0                             | 280               |
| HT                      | 0         | 210       | 0                             | 210               |
| LT                      | 0         | 40        | 360                           | 400               |
| Totaal (afgerond)       |           |           |                               | 1.500             |

De corresponderende CO<sub>2</sub>-emissies staan in Tabel 6.



Tabel 6 CO<sub>2</sub>-emissies per functie en sector in 2050 Energy (R)evolution (Mton)

|                         | Transport | Industrie | Gebouwde omgeving en landbouw | Totaal (afgerond) |
|-------------------------|-----------|-----------|-------------------------------|-------------------|
| Licht en apparaten      | 0         | 3         | 4                             | 7                 |
| Transport en mobiliteit | 7         | 0         | 0                             | 7                 |
| HT                      | 0         | 3         | 0                             | 3                 |
| LT                      | 0         | 1         | 7                             | 7                 |
| Totaal (afgerond)       |           |           |                               | 24                |

#### B.4 IEA ETP 2 graden

Tabel 7 presenteert de primaire vraag per functie en sector in 2050 volgens het IEA ETP 2 graden-scenario.

Tabel 7 Primaire vraag 2050 op basis van IEA-scenario (PJ)

|                         | Transport | Industrie | Gebouwde omgeving en landbouw | Totaal (afgerond) |
|-------------------------|-----------|-----------|-------------------------------|-------------------|
| Licht en apparaten      | 0         | 280       | 510                           | 790               |
| Transport en mobiliteit | 370       | 0         | 0                             | 370               |
| HT                      | 0         | 530       | 0                             | 530               |
| LT                      | 0         | 70        | 460                           | 530               |
| Totaal (afgerond)       |           |           |                               | 2220              |

In Tabel 8 zijn de corresponderende CO<sub>2</sub>-emissies weergegeven.

Tabel 8 CO<sub>2</sub>-emissies 2050 IEA-scenario (Mton)

|                         | Transport | Industrie | Gebouwde omgeving en landbouw | Totaal (afgerond) |
|-------------------------|-----------|-----------|-------------------------------|-------------------|
| Licht en apparaten      | 0         | 1         | 2                             | 2                 |
| Transport en mobiliteit | 15        | 0         | 0                             | 15                |
| HT                      | 0         | 7         | 0                             | 7                 |
| LT                      | 0         | 2         | 15                            | 17                |
| Totaal (afgerond)       |           |           |                               | 42                |