

RIVM Rapport 773001029/2005

PIE-EXCEL
Platform Integrale Energie- en Emissie
verkenningen
- Technische beschrijving -

A Gijsen¹, R van den Wijngaart¹, B W Daniels²

¹ Milieu- en Natuurplanbureau RIVM

² ECN Beleidsstudies (ECN)

RIVM/MNP

Het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) is het onderzoeksinstituut van de overheid op het gebied van volksgezondheid en milieu. Het RIVM verricht niet alleen zelf onderzoek, maar verzamelt ook wereldwijd kennis en past die kennis toe. Het RIVM brengt jaarlijks een groot aantal rapporten en adviezen uit. Bij het RIVM, dat gevestigd is in Bilthoven, werken ongeveer 1550 mensen.

Het Milieu- en Natuurplanbureau (MNP) is één van de vier onafhankelijke nationale planbureaus. De planbureaus zijn de schakel tussen wetenschap en politiek. Het MNP richt zich in het bijzonder op de ondersteuning van de *nationale* besluitvorming over ecologische aspecten van de fysieke leefomgeving en de evaluatie hiervan.

ECN Beleidsstudies

Energie Centrum Nederland (ECN) Beleidsstudies levert onafhankelijke advisering aan overheden en bedrijfsleven op het gebied van energie- en milieu-vraagstukken. De innovatie op het gebied van beleidsstudies richt zich op het versterken van de synergie tussen marktwerking en duurzaamheid. De multidisciplinaire projectteams richten zich op lokale, nationale en internationale advisering en maken gebruik van een breed scala aan up-to-date modellen en gegevens ter onderbouwing van de adviezen.

Dit onderzoek werd verricht het kader van project 'Modellen en beleidsadviesing', nummer 773001.

Rapport in het kort

Platform Integrale Energie- en Emissieverkenningen

Dit rapport beschrijft het informatiesysteem genaamd Platform voor Integrale Energie- en emissieverkenningen (PIE). Omdat het RIVM en ECN een cruciaal raakvlak hebben op het terrein van energie en emissies werken zij gezamenlijk aan de ontwikkeling en het gebruik van het Platform voor Integrale Energie- en Emissieverkenningen. PIE dient bij te dragen aan enerzijds het vastleggen van gezamenlijke informatie en anderzijds aan flexibeler, sneller en inzichtelijker beantwoorden van beleidsvragen. Dit rapport geeft allereerst een beschrijving van de historie en het doel van PIE. Vervolgens wordt het conceptuele model uitgelegd. De toepassing van het conceptuele model in Excel en de daarmee samenhangende rekenregels worden toegelicht en er wordt afgesloten met een beschrijving van de te nemen vervolgstappen.

Trefwoorden: energie, emissies, platform, scenario

Abstract

The PIE information system in the Netherlands

The information system, platform on integral energy and emission surveys (PIE), described here has been developed by the National Institute for Public Health and the Environment (RIVM), and the Netherlands Energy Research Centre of the Netherlands (ECN), two centres in the Netherlands whose activities have a common ground in the area of energy and emission surveys. The PIE was set up on the one hand to share data common to both centres and, on the other, as a means to respond to policy questions more rapidly, and with more flexibility and insight. Along with the documentation on the history and the purpose of the PIE, an outline of the conceptual model has also been included. This is followed by a discussion of the model's implementation in Excel and the mathematical rules connected with its use. The final chapter discusses plans for PIE application in the near future.

key words: energy, emission, platform, scenario

Inhoud

- 1 Inleiding 7**
- 2 Modelbeschrijving 13**
- 3 PIE-excel 21**
 - 3.1 Inleiding 21
 - 3.2 EnergieVraag van eindverbruiksectoren 22
 - 3.3 EnergieAanbod Conversiesector 29
 - 3.4 Aansluiting vraag op aanbod : sheet 'nuttig naar finaal' 34
 - 3.5 Emissies van de Conversiesector 39
 - 3.6 Emissies van de eindgebruiksectoren 40
- 4 Conclusies en vervolg 43**
- Appendix 46**

1 Inleiding

Dit rapport beschrijft het informatiesysteem genaamd Platform voor Integrale Energie- en emissieverkenningen (PIE), dat zich richt op energievraag en -aanbod, evenals de daaraan gerelateerde emissies op Nationaal schaalniveau. Deze inleiding gaat in op de achtergrond en het doel van PIE. Hoofdstuk 2 geeft een algemene beschrijving van PIE. Hoofdstuk 3 geeft een beschrijving van het PIE-model zoals geïmplementeerd in Excel. Naast de structuur van het model komen hierbij komen ook enkele rekenregels aanbod.

Aanleiding samenwerking RIVM en ECN

Al weer enige tijd geleden heeft RIVM het Reken en Informatie Model (RIM+) afgeschaft als tool voor emissieprognoses. Mede omdat dit instrumentarium niet voldoende geschikt gebleken is om vragen van verschillende aard op het gebied van energiegebruik en emissies te beantwoorden streeft RIVM naar de opbouw van een nieuw instrumentarium voor de energievoorziening. Binnen ECN leefde tegelijkertijd de wens om haar instrumentarium slagvaardiger en toegankelijker te maken, waardoor de flexibiliteit en de snelheid waarmee globale resultaten verkregen kunnen worden toeneemt. Dit betekent dat ook andere medewerkers dan de modelexperts de modellen kunnen draaien en op hoofdlijnen analyses kunnen maken. Omdat het RIVM en ECN een grote overlap hebben op het terrein van energie en emissies werken zij gezamenlijk aan de ontwikkeling en het gebruik van het Platform voor Integrale Energie- en emissieverkenningen (PIE). PIE dient bij te dragen aan enerzijds het vastleggen van gezamenlijke informatie en anderzijds aan flexibeler, sneller en inzichtelijker beantwoorden van beleidsvragen.

Doel van platform PIE

Het PIE heeft een sterke integrale functie over de keten van economie via energievraag energieaanbod naar de bijbehorende emissies. In de *eerste* plaats kunnen met het PIE veranderingen in de vraag naar energie (diensten) worden doorgerekend op emissies verderop in de keten. Een voorbeeld hiervan is een verandering in mobiliteit en voertuigtechnologie; een verschuiving van verbrandingsmotoren naar elektromotoren (accu's en brandstofcel) kan worden doorgerekend op emissies zowel binnen de verkeerssector als door de productiesectoren van elektriciteit, biobrandstoffen en waterstof. Een *tweede* integraal aspect betreft het gelijktijdig meenemen van alle relevante energie emissies voor klimaat (CO₂) en grootschalige luchtverontreiniging (NO_x, SO₂, VOS en fijn stof).

Het PIE is beter te typeren als een platform dan een (endogeen) model. Belangrijke functies zijn het ontsluiten van informatie van bestaande modellen en het beheren van informatie (flexibeler, sneller en minder black-box dan de huidige situatie). Op dit moment is bijvoorbeeld de informatie

van de lange termijn verkenningen (LT'97, NEV en MV4/5) verspreid over drie verschillende instituten (CPB, ECN en RIVM) met ieder hun eigen informatiesystemen, deelmodellen e.d. waarvan de resultaten afzonderlijk worden gerapporteerd in verschillende documenten. Nieuwe inzichten, actualisatie van het beleid en potentieelstudies zoals bijvoorbeeld het nieuwe Optiedocument, de Sectorale CO₂-emissies tot 2010 uit december 2003 ten opzichte van de Referentieraming uit januari 2002 kunnen éénduidig worden opgenomen in het PIE. In eerste instantie was het doel om ook deelmodellen (dat wil zeggen: modellen op deelgebieden) te koppelen aan het PIE door de uitkomsten van deze deelmodellen weg te schrijven op een veelal hoger geaggregeerd niveau in het PIE. Vanwege veelal complexiteit van deelmodellen en definitieverschillen bijvoorbeeld bij het protocol voor energiebesparing is afgezien van het koppelen van de meeste deelmodellen. Voor wel gekoppelde deelmodellen geldt dat alleen deze deelmodellen zelf op meer gedetailleerde vragen op de afzonderlijke deelgebieden een antwoord kunnen geven.

Het PIE kan worden toegepast bij ondermeer het analyseren van trends in indicatoren van energiegebruik en emissies, opstellen van nieuwe scenario's, in kaart brengen van gevoeligheden en onzekerheden op bestaande prognoses en het vergelijkbaar maken van verschillende (deelmodel)uitkomsten. Daarnaast kunnen nieuwe inzichten in ontwikkelingen van de economie, energievoorziening en emissies éénduidig worden geactualiseerd. Enkele toepassingen en specificaties zijn:

- het doorrekenen van de effecten van veranderingen in een deelgebied op de gehele energievoorziening,
- het doorrekenen van (sectoroverstijgende) beleidsinstrumenten,
- het vastleggen van scenario's en construeren van varianten.

Karakteristiek van het model

Het doel van het project is de bouw van een kennisinstrumentarium waarmee de gehele keten van de Nederlandse energievoorziening kan worden doorgerekend op energiegebruik, CO₂-emissie en overige emissies (NO_x, SO₂, VOS en fijn stof). Met dit instrumentarium moeten (beleidsrelevante) vragen op het gebied van prognoses en oplossingsrichtingen voor energiegerelateerde emissies op hoofdlijnen kunnen worden doorgerekend. Belangrijke aspecten hierbij zijn onder meer potentieel, kosten en implementatiemogelijkheden van oplossingsrichtingen en effectiviteit van beleidsinstrumenten.

Beleidsrelevante vragen

Het platform dient uiteindelijk antwoord te kunnen geven op een scala aan vragen, zoals:

- Hoe verloopt de finale energievraag c.q. energiebehoefte (met verdeling naar energiedragers) voor de verschillende doelgroepen?

- Hoe ziet op hoofdlijnen de energie-aanbodverdeling (elektriciteit en andere energiedragers) er uit en wat zijn de resulterende emissies?
- Hoe verlopen de CO₂-emissies en de emissies van NO_x, SO₂, fijn stof en VOS voor de verschillende doelgroepen?
- Welke oplossingsrichtingen zijn mogelijk om de emissies te verminderen? Wat zijn hiervan de reductiepotentiëlen en kosten (onder andere investeringskosten, jaarlijkse kosten, kosteneffectiviteit)? Wat zijn bijbehorende randvoorwaarden?
- Wat zijn mogelijkheden voor overheidsbeleid? Het gaat onder andere om de effectiviteit van de volgende 4 soorten beleidsinstrumenten:
 - heffingen en andere fiscale regelingen
 - subsidies
 - verhandelbaarheid
 - niet-financiële middelen (emissienormen, regelgeving, afspraken en dergelijke)

De laatste twee aandachtspunten zijn niet opgenomen in PIE-excel versie 1.0.

Zichtjaren

De zichtperiode betreft circa 30 jaar. Zichtjaren zijn 2010, 2020 en 2030. Basisjaar van de bestaande scenario's is 1995 (MV5) of 2000 (Referentieraming). Komend jaar wordt ten behoeve van de evaluatie van de Kyoto-afspraken in 2005 en de inzet voor post-Kyoto een nieuwe referentieraming opgesteld voor 2010 en 2020. Het basisjaar voor de referentieraming wordt dan mogelijk 2002 of 2003.

(Het platform moet worden aangepast om data voor de jaren 2005, 2015 en 2025 te kunnen verwerken.)

Stoffen

Het platform beschouwt de emissies van de stoffen CO₂, NO_x, SO₂, VOS en fijn stof die samenhangen met het energiegebruik in Nederland (energiesector en eindverbruiksectoren zoals industrie, verkeer etcetera)¹.

Sectoren

Het eindverbruik van energie wordt onderscheiden in vijf sectoren met in totaal 15 à 20 deelsectoren. In veel gevallen worden voor de ontwikkeling van de energievraag meerdere indicatoren gebruikt. Het eindverbruik wordt voorzien van energie door de sector energievoorziening met als deelsectoren: energietransport/distributie en energieconversie. Eindverbruik en energievoorziening bepalen tezamen het totaal verbruik binnenland².

¹ Om de totale emissie te presenteren worden ook de emissies van CO₂, NO_x, SO₂, VOS en fijn stof bij overige bronnen in het referentiescenario opgenomen. Ook de niet CO₂ broeikasgassen worden voor het referentiescenario opgenomen.

² Daarnaast worden de sectoren winning, bunkers en import/export onderscheiden.

Energiedragers

Energiedragers zijn onderscheiden in kolen, olie, aardgas, elektriciteit, duurzaam (zoals windenergie, zonne-energie en biomassa), warmte en overige. De laatste post is onderverdeeld in waterstof, ethanol, methanol, uranium en afval. Hierbij geldt dat enkele energiedragers zoals elektriciteit, warmtelevering, waterstof, ethanol en methanol worden geproduceerd in Nederland uit andere energiedragers zoals (deels geïmporteerde) aardgas en biomassa of dat zij rechtstreeks worden geïmporteerd.

Methode / structuur

Het platform PIE bevat informatie over referentiescenario's waarmee op hoofdlijnen alternatieve ontwikkelingen kunnen worden doorgerekend. De belangrijkste stappen zijn:

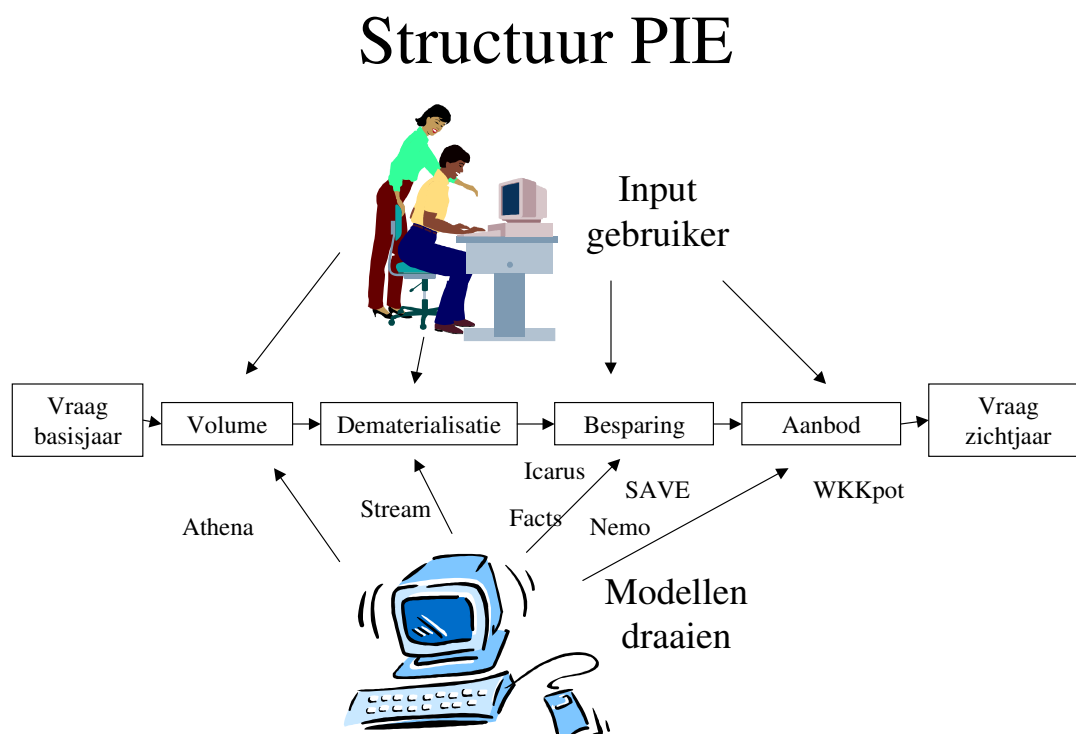
- 1) PIE bevat informatie over het referentiescenario (indicatoren voor energieontwikkeling);
- 2) PIE koppelt alternatieve gegevens (beleid, maatschappelijke en wetenschappelijke ontwikkelingen);
- 3) PIE berekent de effecten van de alternatieve gegevens.

1. PIE bevat informatie over het referentiescenario

De belangrijkste ontwikkelingen voor energie en emissies in een referentiescenario zijn opgeslagen in PIE. Het betreft de volgende indicatoren:

- De ontwikkeling van de energievraag bij eindgebruikers. Hierbij worden drie ontwikkelingen onderscheiden:
 - volume (bijvoorbeeld de groei van het goederenvervoer in ton-km)
 - dematerialisatie (bijvoorbeeld de ontwikkeling van de grootte van goederen ten opzichte van het gewicht);
 - energiebesparing (bijvoorbeeld de ontwikkeling van de beladingsgraad).
- Het energieaanbod in het zichtjaar te onderscheiden in:
 - de verdeling over energiedragers bij eindgebruikers (bij verkeer bijvoorbeeld olie (=benzine/diesel), gas (=LPG), elektrisch vervoer, ethanol/methanol, waterstof; de modal split komt hierbij naar voren)
 - het rendement waarmee de energiedrager wordt omgezet in de hiervoor genoemde energievraag (bijvoorbeeld de efficiency van het transportmiddel zoals energiezuinigere verbrandingsmotoren, elektrische voertuigen en brandstofcel);
 - de productie van energiedragers in de sector energievoorziening. In een aantal gevallen wordt de energiedrager rechtstreeks geïmporteerd of gewonnen; in andere gevallen wordt de energiedrager geproduceerd uit andere energiedragers. Voor het laatste geval zijn specifieke kenmerken van deze energieproductie opgenomen. Het betreft met name elektriciteit, warmte en waterstof.
- De emissiefactoren in het zichtjaar van de energiedragers die in de sectoren worden omgezet.

Met behulp van deze kenmerken en eenvoudige rekenregels (lineair dat wil zeggen optellen/afrekken en vermenigvuldigen/delen) kan PIE het energiegebruik en de emissies in een toekomstig jaar in een referentiescenario berekenen. Eerst wordt de energievraag in een basisjaar opgeschaald naar het zichtjaar. Vervolgens wordt het totale energiegebruik bepaald met behulp van het energieaanbod. Tenslotte worden de emissies met behulp van de emissiefactoren berekend.



Figuur 1 : Structuur van het Platform voor Integrale Energie- en emissieverkenningen.

2. PIE koppelt alternatieve gegevens

Nieuwe inzichten, varianten, potentieelstudies en gevoeligheidsanalyses kunnen in PIE worden opgenomen. Voorbeelden zijn:

- a. veranderingen in economische ontwikkelingen zoals BNP, fysieke productie, economische structuur en energieprijzen;
- b. technische opties voor energiebesparing en emissiereductie;
- c. beleidsinstrumenten.

De alternatieve gegevens worden ingevoerd door de kenmerken van het referentiescenario (zie 1) te wijzigen. De alternatieve gegevens kunnen handmatig worden ingevoerd. Zij representeren bijvoorbeeld de resultaten van een deelmodel (model op een afzonderlijk deelgebied). Oorspronkelijk

was het de bedoeling om een aantal deelmodellen ook rechtstreeks te koppelen. Hierbij zouden gedetailleerde resultaten van deelmodellen op een hoger aggregatieniveau in PIE worden ingevoerd. Een voorbeeld hiervan is het aantal deelsectoren in SAVE-industrie van ECN dat veel groter is dan in PIE. Vanwege de complexiteit van de deelmodellen en moeilijk te overbruggen definitieverschillen tussen de deelmodellen en het PIE is hier van afgezien. (Een derde mogelijkheid zou zijn het opnemen van een globale relatie die op een hoger aggregatieniveau de resultaten van een deelmodel beschrijft.)

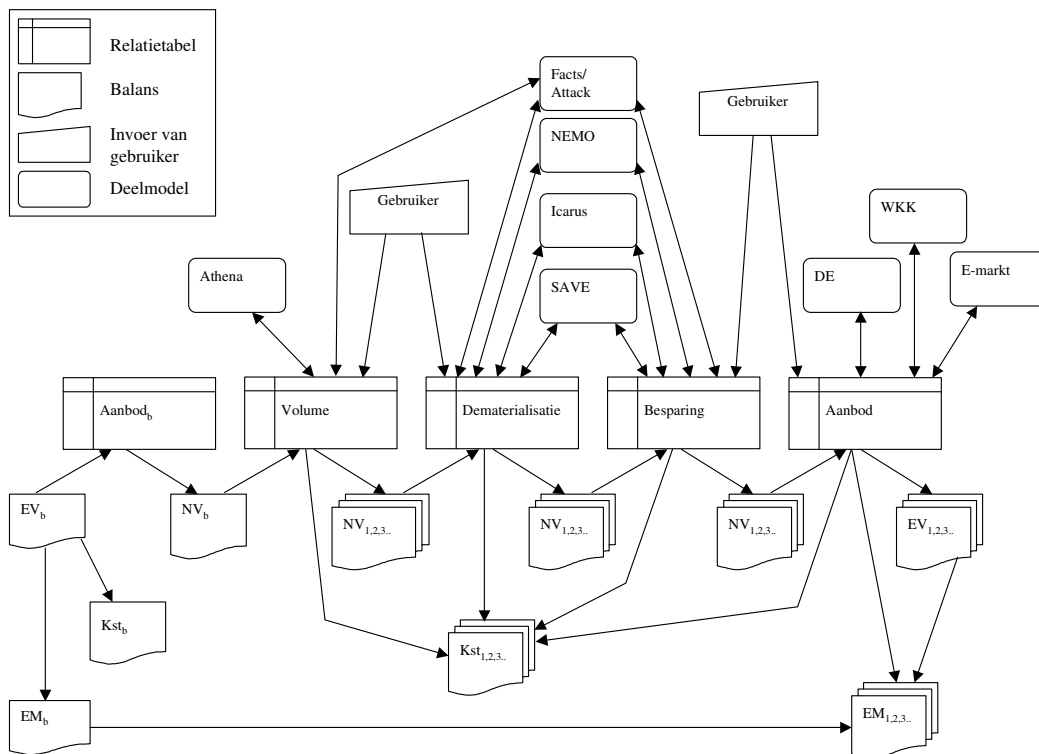
3. *PIE berekent de effecten van de alternatieve gegevens*

Energiebesparing, emissiereducties en kosten over de gehele keten kunnen worden bepaald door het alternatief (stap 2) te vergelijken met het referentiescenario (stap 1). Hierbij zijn twee aandachtspunten van belang:

- a. Bij de integrale doorrekening van het alternatief worden door PIE bepaalde aannames gemaakt. Voorbeeld:
 - indien in het alternatief de elektriciteitsvraag kleiner is (bijvoorbeeld door minder groei van de ICT sector, verhoging van de REB, minder vervoer per rail) dan verandert PIE de elektriciteitsproductie van centrales op aardgas (met andere woorden wind, kolencentrales, import, etcetera blijven hetzelfde als in het referentiescenario). Dergelijke aannames moeten bij het beschrijven van het alternatief expliciet worden bepaald.
- b. Indicatoren mogen slechts binnen bepaalde grenzen worden gewijzigd. Voorbeeld:
 - indien een verhoging van de benzineprijs leidt tot een vermindering van het aantal verkeerskilometers leidt dit niet automatisch tot een verandering van andere macro-economische effecten (bijvoorbeeld afname industriële productie). De grenzen van toegestane veranderingen van kenmerken moeten zoveel mogelijk worden aangegeven.

2 Modelbeschrijving

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de resultaten van de ontwikkeling van PIE (Platform Integrale Energie- en emissieverkenningen). Het omvat een algemene beschrijving van PIE (het conceptuele model). In hoofdstuk 3 volgt een beschrijving van de software.



Figuur 2 : Structuur van de energievraagzijde van PIE

De kern (of het primaire proces) van het energiemodel wordt gevormd door de aaneenschakeling van tabellen met energiebalansen. De relaties tussen twee opeenvolgende balansen worden vastgelegd in een zogenaamde relatietabel. De gedachte achter de structuur van de kern is dat input van de gebruiker, resultaten van deelmodellen, etcetera worden opgenomen in de relatietabellen, de getallen in de balansen worden met behulp van formules afgeleid uit de voorgaande balansen en de relatietabel. Naast de kern van de tabel komt uit deelmodellen additionele informatie beschikbaar en worden bijbehorende kosten (Kst) en emissies (EM) berekend. Deze vinden uiteraard ook hun plaats in het model maar behoren niet tot het zogenaamde primaire

proces. Bovendien betekent een keuze voor deze structuur niet noodzakelijkerwijs, dat de gebruiker ook deze structuur ziet.

De gebruiker zal soms geïnteresseerd zijn in de getallen in de balansen, even zo vaak zal het waarschijnlijk echter voorkomen dat juist andere informatie gezocht wordt. Dan gaat het bijvoorbeeld niet om het aandeel van warmtekracht in de elektriciteitsvraag, maar om het vermogen en de aard van de installaties. Dit is informatie die apart beschikbaar wordt gesteld (en ook middels relatietabellen gekoppeld aan andere parameters), maar die geen rol speelt in het verdere primaire proces. Het kan daarmee meer gekenschetst worden als een zijspoor met een eindstation, niet als tussenresultaat (overstapstation). Hetzelfde geldt voor de bijbehorende kosten en de emissies.

Energiebalansen

De volgende balansen worden onderscheiden:

- Energievraag basisjaar EV_b
Dit is de vraag van eindverbruikers zoals huishoudens en industrie naar energiedragers zoals aardgas, olie en elektriciteit in het basisjaar.
- Nuttige vraag basisjaar NV_b
Hier is de energievraag van aardgas, olie, elektriciteit, etcetera, omgezet in vraag naar warmte, elektriciteit en grondstof. Bijvoorbeeld bij de huishoudens is er vraag naar warmte, en dit kan worden gemaakt met verschillende energiedragers zoals aardgas en olie.
- Nuttige vraag zichtjaren na verwerking volume-effecten per sector ($NV_{1,2,3,..}$)
Door de groei van de sector neemt ook de vraag naar energie toe. In de sector huishoudens komen meer huishoudens, dit heeft tot gevolg dat ook de energievraag voor de totale sector toeneemt.
- Nuttige vraag zichtjaren na verwerking dematerialisatie (intrasectorale structureffecten) per sector ($NV_{1,2,3,..}$)
Een sector kan zich ook anders gaan voordoen. Een voorbeeld bij de huishoudens is dat vroeger 's avond een boek werd gelezen, maar bij de opkomst van de televisie en computer is men steeds meer gebruik gaan maken van deze apparatuur. Dit heeft een grotere vraag naar energie tot gevolg.
- Nuttige vraag zichtjaren na besparing ($NV_{1,2,3,..}$)
Door allerlei maatregelen wordt de vraag naar energie minder. Een voorbeeld bij de huishoudens is isolatie van de woning of het zuiniger worden van de koelkast.
- Energievraag zichtjaren ($EV_{1,2,3,..}$)
Vanuit de nuttige vraag naar warmte, elektriciteit en grondstof wordt bepaald met welke energiedrager deze vraag wordt opgewekt. Bij de huishoudens kan de vraag naar warmte voldaan worden met een gaskachel, maar het kan ook met een houtkachel.

In iedere balans worden de gegevens per sector gepresenteerd. De gekozen sectorindeling is:

Tabel 1 : eindgebruikssectoren van PIE

Sector	Sub-sector
Industrie	Voeding
	Chemie
	Basismetaal
	Overige metaal
	Bouwmaterialen
	Papier en grafisch
	Raffinaderijen
	Overige industrie
Landbouw	Glastuinbouw
	Overige landbouw
Transport	Personen
	Goederen
Diensten	Handel en horeca
	Zakelijke dienstverlening
	Non profit sector
Huishoudens	Nieuwbouw
	Bestaande bouw
	Apparaten

In de balansen worden de volgende energiedragers onderscheiden:

Energievraag: kolen, olie, aardgas, elektriciteit, duurzaam, warmte en overig

Nuttige vraag: warmte, elektriciteit en grondstof

Relatietabellen

De relatietabellen bevatten de benodigde gegevens om de getallen van de ene balans uit te rekenen uit de voorgaande. Het zijn relatieve getallen als aandelen in de vraag of groeipercentages per jaar. Te denken valt aan de economische groei van de basisindustrie, het omzettingsrendement waarmee de energievraag uit het basisjaar wordt omgezet in nuttige vraag, de efficiencyverbetering in een sector, etcetera. Het kan echter ook zo zijn, dat de gebruiker (of bepaalde deelmodellen) resultaten opleveren die niet direct overeenkomen met de genoemde parameters, maar dat deze via een extra bewerkingsstap gegenereerd moeten worden. Als de gebruiker de hoeveelheid vloeroppervlak in de ziekenhuizen hard wil inzetten, moet het door het model worden omgezet in een relatie tussen economische groei en fysieke groei, hetgeen leidt tot (de)materialisatie. Dit zal moeten gebeuren in een interface tussen gebruiker of deelmodel en de relatietabel.

Externe input

Het integrale energiemodel start altijd vanuit een bestaand scenario. Dit betekent dat alle balansen en tabellen gevuld zijn met de geldende waarde

van dat scenario. Zodra de gebruiker nieuwe input invoert in het model dan wel deelmodellen draait met gewijzigde input zullen getallen in de relatietabellen veranderen. De gebruiker kan dan in principe direct een nieuwe uitkomst zien (de relatie tussen balansen en relatietabellen is eenduidig), het is echter zo dat de relaties die met andere deelmodellen waren afgeleid niet meer hoeven te gelden. Bijvoorbeeld: de relatietabellen bevatten voor de elektriciteitsvoorziening een bepaald brandstofpakket (verdeling kolen, olie, gas, duurzaam en overig). Dit is een resultante van bestaand vermogen en nieuwbouw. Als door wijzigingen elders in het model de elektriciteitsvraag opeens halveert, zal zonder het draaien van het elektriciteitsmodel de elektriciteitsproductie met aardgas lager worden. Dit komt doordat aardgas de restpost is bij de elektriciteitsproductie. Als het model echter opnieuw gedraaid wordt, kan het resultaat anders zijn.

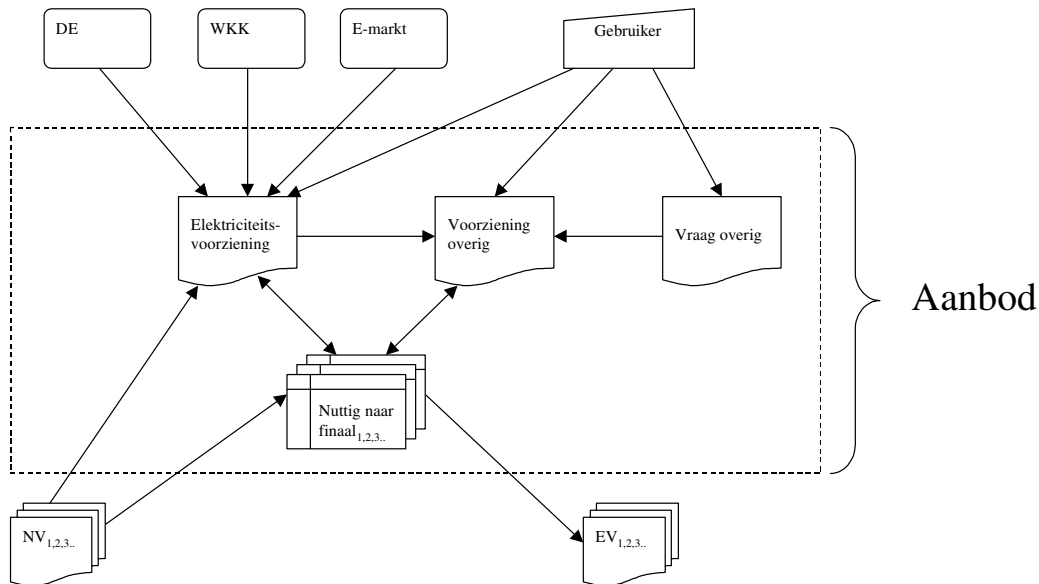
Aanbod

Nadat de nuttige vraag na besparing is berekend, moet deze nuttige vraag weer worden omgezet in de vraag naar de specifieke energiedragers. Dit wordt in het aanboddeel beschreven. In het aanboddeel staat de nuttige vraag van de eindverbruikers centraal. Een deel van de vraag wordt niet bij de eindverbruikers gerealiseerd maar bij de centrale energievoorziening. Dit betreft de productie van elektriciteit en warmte, waterstof, ethanol en methanol. Deze energiedragers worden na de productie getransporteerd naar de eindverbruikers.

Bij de transport worden de verliezen aangegeven die gepaard gaan met het transport van een energiedrager vanaf de winning, import en conversie naar de eindverbruikers. De verliezen worden uitgedrukt in een rendement, dat de verhouding weergeeft tussen de hoeveelheid die de transportsector uitgaat (naar eindverbruikers) en de hoeveelheid die er ingaat (vanaf winning, productie en import).

De centrale energievoorziening heeft betrekking op de omzetting van primaire energiedragers in secundaire energiedragers. In deze sector vindt de productie van elektriciteit, warmte, waterstof, etcetera plaats. Bij de modellering is een expliciet onderscheid gemaakt naar de conversie van elektriciteit en de conversie naar overige energiedragers

Door deze complexe gang van zaken is het aanbod uitgebreider gemodelleerd. In een schema ziet het er als volgt uit:



Figuur 3 : Structuur van de energieaanbodzijde van PIE

Elektriciteitsvoorziening

De 'elektriciteitsvoorziening' heeft betrekking op de totale elektriciteitsproductie, dus ook die productie die bij eindverbruikers plaats vindt.

Opschaling/neerschaling

Op basis van de resultaten van het achtergrondscenario en/of variant wordt afgeleid hoe afhankelijk van mutaties in de vraag, handmatige input van de gebruiker en/of andere uitgangspunten de elektriciteitsvoorziening verandert. Hierbij wordt de elektriciteitsproductie uit aardgas als restpost gehanteerd. Dat wil zeggen dat meer of minder vraag in eerste instantie vertaald wordt in meer of minder aardgasgestookt vermogen. Dit is geïntroduceerd omdat voor veel andere typen vermogen vaak de behoefte bestaat om deze absoluut vast te zetten. Het principe van gelijkmatige op/neerschaling van alle typen afhankelijk van de vraag gaat daar niet mee samen.

Decentraal vermogen

Een aantal vermogenstypes kan opgesteld staan bij de eindverbruikers en, in het geval van warmtekracht, daar dus zorgen voor extra gasinzet en elektriciteitsproductie. Dit betreffen groot- en kleinschalige warmtekracht, wind, zon en biomassa. Eventueel zijn hier nog andere typen aan toe te voegen. Het gedeelte van het vermogen dat bij de eindverbruiksectoren staat kan voor de betreffende vermogenstypes door het deelmodel dan wel de gebruiker worden ingevuld. Op basis van de ingevulde percentages wordt

automatisch verwerkt in welke sector het brandstofverbruik en de elektriciteitsproductie plaats vinden.

Conversiesector

De totale elektriciteitsproductie wordt verminderd met de decentrale opwekking. Hieruit resulteert de productie en het vermogen van de sector conversie. Het brandstofpakket en de rendementen van de conversiesector worden vervolgens overgenomen naar 'nuttig naar finaal'.

Voorziening overig

Bij de overige voorziening wordt de centrale productie van de overige energiedragers beschreven. Bij de eindverbruikers is vraag naar de volgende energiedragers die bij de centrale productie worden gemaakt:

- warmte
- waterstof
- ethanol
- methanol

Warmte

De warmteproductie heeft betrekking op productie van warmte gecombineerd met elektriciteitsproductie. Deze is daarom direct gekoppeld met de sheet elektriciteitsvoorziening. In principe wordt er geen brandstofverbruik aan de warmteproductie toegerekend. Deze komt geheel ten laste van de elektriciteitsproductie. De verdeling van de warmte over de sectoren staat aangegeven bij 'vraag overig'.

Waterstof, ethanol, methanol

In het basisscenario is de productie van elk van deze brandstoffen aangegeven. Deze brandstoffen kunnen worden verkregen vanuit de volgende bronnen:

- Productie vanuit kolen
- Productie vanuit olie
- Productie vanuit aardgas
- Productie met behulp van elektriciteit
- Productie met behulp van duurzame energiedragers
- Import

Aan de hand van de vraag per sector wordt de inzet van de verschillende onderscheiden bronnen evenredig aangepast.

Nuttig naar finaal

In 'nuttig naar finaal' wordt uiteindelijk de verdeling weer gemaakt van de nuttige vraag naar de vraag naar energiedragers. Dit is als het ware het tegenovergestelde van de stap van EV_b naar NV_b .

Elektriciteit

De categorie elektriciteit bij 'nuttig naar finaal' wordt volledig gevuld door de elektriciteitsvoorziening, de gebruiker van het model mag voor het elektriciteitsgedeelte in deze sheet dus niets wijzigen. Op basis van de decentrale opwekking wordt bepaald in welk gedeelte van de elektriciteitsvraag door de eindverbruikersector zelf wordt voorzien, voor de rest wordt automatisch verondersteld dat dit vanuit de aanbodsector wordt ingekocht.

Warmte

Voor de voorziening in de nuttige vraag naar warmte bij eindverbruikers is (nog) geen apart deelmodel aanwezig. De gebruiker heeft hier relatief meer vrijheden. Wel komt er gekoppeld aan de elektriciteitsproductie een bepaalde hoeveelheid warmte beschikbaar voor warmtedistributie. Deze wordt volgens de verdeling zoals opgenomen in de sheet 'vraag overig' verdeeld over de sectoren. Verder kan de gebruiker van het model (eventueel op basis van deelmodellen) invullen of er nog in de warmtevraag wordt voorzien door kolen, olie, elektriciteit (bijvoorbeeld de warmtepomp) of duurzaam (zonneboiler). De gebruiker dient hierbij tevens de bijbehorende rendementen aan te geven. Verder is het model zo ingericht dat de resterende warmtevraag wordt gedekt door aardgas. Bij de berekening van het rendement van warmteproductie uit aardgas per sector wordt er rekening mee gehouden of de warmte uit warmtekracht of met een ketel wordt geproduceerd. Hierbij wordt modelmatig het brandstofverbruik van warmtekracht volledig toegerekend aan elektriciteit. Dit is een praktische oplossing om te zorgen dat geen dubbeltelling van brandstofverbruik plaats vindt.

Grondstof

De verdeling van de grondstof is evenredig aan de verdeling van de grondstoffen in het basisjaar. Dit houdt in dat als in het basisjaar alleen olie als grondstof in de chemische industrie wordt dit ook nu weer het geval is. Echter de hoogte van het verbruik is wel aangepast aan de hand van de volume, dematerialisatie en besparingseffecten.

Eindbalans

Uiteindelijk komen alle getallen bij elkaar in de eindbalans (EV_{1,2,3}). In deze balans is per vraagsector de vraag naar kolen, olie, aardgas, elektriciteit, duurzaam en overig aangegeven. Deze vraag moet worden geleverd door of productie bij de energieconversie of door winning en import. Een negatieve vraag bij de eindverbruikers wil zeggen dat een sector deze energiedrager levert aan de aanbodsector. Dit kan onder andere gebeuren bij de industrie waar veel decentrale warmte/kracht staat. De warmte wordt zelf gebruikt en de elektriciteit wordt dan teruggeleverd aan het net.

Ook de gegevens van de energieconversie worden bij elkaar genomen. Kolen, olie, gas en duurzaam zijn in principe alleen energiedragers die per saldo

verbruikt worden. Bij elektriciteit is het productie (dus een negatief getal). Overig is een restpost waaronder de productie van warmte, waterstof, methanol en ethanol valt, maar ook het verbruik van uranium en een deel van de vuilverbranding valt hieronder. Dit kan dus zowel een positief als een negatief getal zijn.

Dan wordt ook vermeld de hoeveelheid energie die verloren gaat bij het transport van de energie. Het totaal van deze 3 categorieën is het totaal verbruik binnenland. Dit is het saldo van winning, import en export.

Emissie

Voor het gebruik van energie bij de eindverbruikers wordt per energiedrager (kolen, olie, aardgas, elektriciteit, duurzaam, warmte, waterstof, methanol en ethanol) aangegeven hoeveel de emissie per ingezette hoeveelheid brandstof bedraagt. In eerste instantie zijn deze getallen overgenomen van het basisscenario. Met behulp van een extern model kunnen deze getallen worden aangepast.

Ook bij de energievoorziening komen emissies vrij. Hier staat per type van conversie de emissie aangegeven per ingezette hoeveelheid brandstof. Ook dit zijn in eerste instantie gegevens uit het basisscenario en kunnen met behulp van een extern model worden aangepast.

Extern emissiemodel

Om een juiste inschatting te maken van de emissie moet er een model worden ontwikkeld waarin nieuwe emissiecoëfficiënten worden berekend. Door allerlei technieken die invloed hebben op de emissiecoëfficiënten veranderd ook het rendement van het proces. Dus ook het rendement is een uitvoer van dit model. Een voorbeeld: Normaal heeft aardgas een emissiecoëfficiënt van $56,1 \text{ kg/GJ}_{\text{input}}$. Doordat een deel van de CO_2 wordt opgeslagen zal deze coëfficiënt naar beneden gaan, maar is het tevens mogelijk dat ook het rendement verslechtert.

In het model zal een lijst met mogelijke emissiebestrijdingsmaatregelen en hun effect worden opgenomen. Een deel van deze maatregelen is in het betreffende scenario al voor een deel geïmplementeerd. Dit zal ook bekend moeten zijn. De gebruiker krijgt vervolgens de mogelijkheid om aan te geven welke maatregelen hij wil toevoegen. Dit heeft tenslotte gevolgen voor de emissiecoëfficiënt rendement en de kosten. Deze resultaten vloeien dan weer terug naar het integrale model.

3 PIE-excel

3.1 Inleiding

Dit hoofdstuk bevat een beschrijving van het PIE model zoals geïmplementeerd in Excel (verder te noemen: PIE-excel). PIE-excel is een uitwerking van de theorie uit voorgaande hoofdstukken. PIE-excel moet worden gezien als een werkbare tussenversie van het uiteindelijke model zoals in het vorige hoofdstuk beschreven. Op sommige onderdelen is het dan ook nog niet helemaal uitgewerkt zoals beschreven.

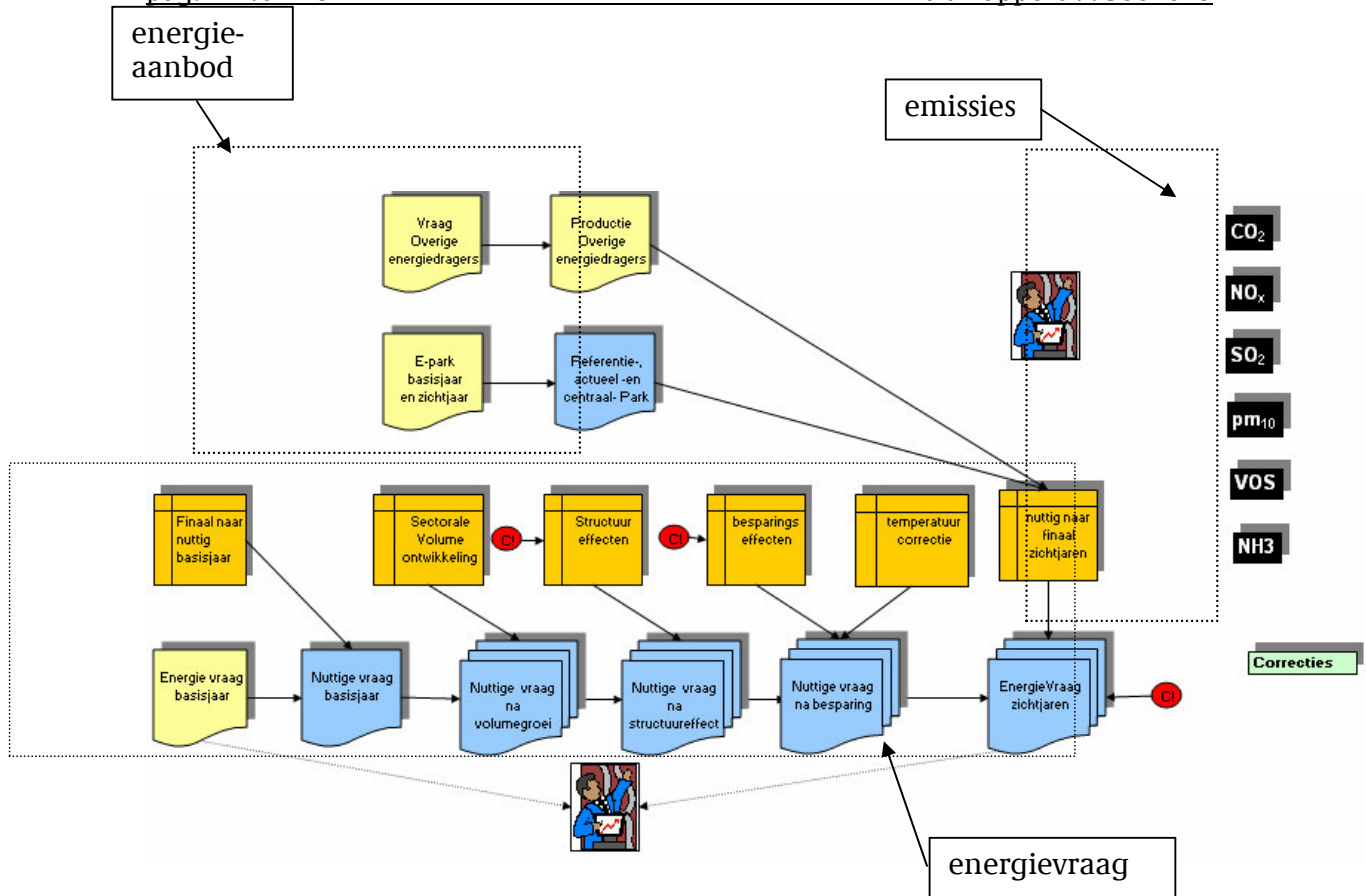
PIE-excel is grofweg onderverdeeld in 3 blokken: i) Energievraag, ii) Energieaanbod, iii) Emissies.

De berekeningen in het blok 'Energievraag' gaan globaal als volgt: als eerste wordt de finale energievraag (kolen, olie, enzovoort) van de eindgebruikssectoren omgerekend naar de nuttige energievraag (warmte, elektriciteit en feedstock). Vervolgens worden de economische veranderingen die effect hebben op deze nuttige energievraag, doorvertaald voor de zichtjaren. Het resultaat hiervan is de nuttige vraag na besparing en deze nuttige vraag wordt weer omgezet in de vraag naar de finale energiedragers.

In het blok 'energieaanbod' staat de herkomst van de nuttige vraag van de eindverbruikers centraal. Een deel van de vraag wordt namelijk niet bij de eindverbruikers gerealiseerd maar bij de centrale energievoorziening. Dit betreft de productie van met name elektriciteit en warmte (zogenaamde secundaire energiedragers) uit primaire energiedragers, zoals kolen, aardgas, enzovoort

Als laatste is er het blok 'Emissies'. Hierin worden de emissies van zowel de eindgebruikssectoren als de energieproductiesector berekend.

Deze sheets zijn in overeenstemming met met de verschillende blokjes in het startscherm van PIE-excel. Dit scherm ziet er als volgt uit:



Figuur 4 : Startscreen van PIE-excel

Door op de gekleurde blokjes te klikken, wordt een sheet met de overeenkomstige informatie getoond.

Sommige gegevens moeten worden ingevoerd, terwijl andere gegevens resultaten van berekeningen zijn. In PIE-excel zijn de cellen voor de invoergegevens geel gekleurd.

3.2 EnergieVraag van eindverbruiksectoren

3.2.1 Inleiding

Voor PIE-excel is de volgende eindverbruiksector-indeling gekozen:

Tabel 2 : Eindverbruiksectoren in PIE

Sector	Sub-sector	
Industrie	Voeding	
	Chemie	
	Basismetaal	
	Overige metaal	
	Bouwmaterialen	
	Papier en grafisch	
	Raffinaderijen	
	Overige industrie	
	Landbouw	Glastuinbouw
		Overige landbouw
Transport	Personen	
	Goederen	
Diensten	Handel en horeca	
	Zakelijke dienstverlening	
	Non profit sector	
Huishoudens	Nieuwbouw	
	Bestaande bouw	
	Apparaten	

Voor deze sectoren wordt de energievraag bepaald door middel van de invoer van variabelen en berekeningen in de volgende sheets:

- 'EvB' : Finale energievraag Basisjaar
- 'finaalnaarnuttig' : omrekenen finale energievraag naar nuttige energievraag
- 'NvB' : nuttige energievraag Basisjaar
- 'volume' : de volume-effecten voor de zichtjaren
- 'NVnaV' : nuttige Energievraag na de volumegroei
- 'dematerialisatie' : de structureffecten voor de zichtjaren
- 'NVnaD' : nuttige Energievraag na de structureffecten
- 'besparing' : de besparingen voor de zichtjaren
- 'temperatuurscorrectie-effect' : de temperatuurscorrecties voor de zichtjaren.
- 'NVnaB' : nuttige Energievraag na de besparingen
- 'NuttigNaarFinaal' : omrekenen Nuttige energievraag naar finale energievraag
- 'EV' : ' omrekenen nuttige energievraag naar finale energievraag

De benodigde invoer en de berekeningen in deze sheets worden uitgelegd in de volgende subparagrafen.

3.2.2 'EvB': *Finale energievraag Basisjaar*

In deze eerste sheet EvB (EnergieVraagBasisjaar) wordt de finale vraag naar energiedragers per eindverbruikssector voor het basisjaar gegeven. Deze finale energievraag is als volgt opgedeeld:

- Kolen
- Olie
- Aardgas
- Elektriciteit
- Duurzaam
- Warmte
- Overig

Deze sheet dient als basis voor alle andere berekeningen. In EvB worden verder geen berekeningen uitgevoerd.

3.2.3 'finaalnaarnuttig': *omrekenen finale energievraag naar nuttige energievraag*

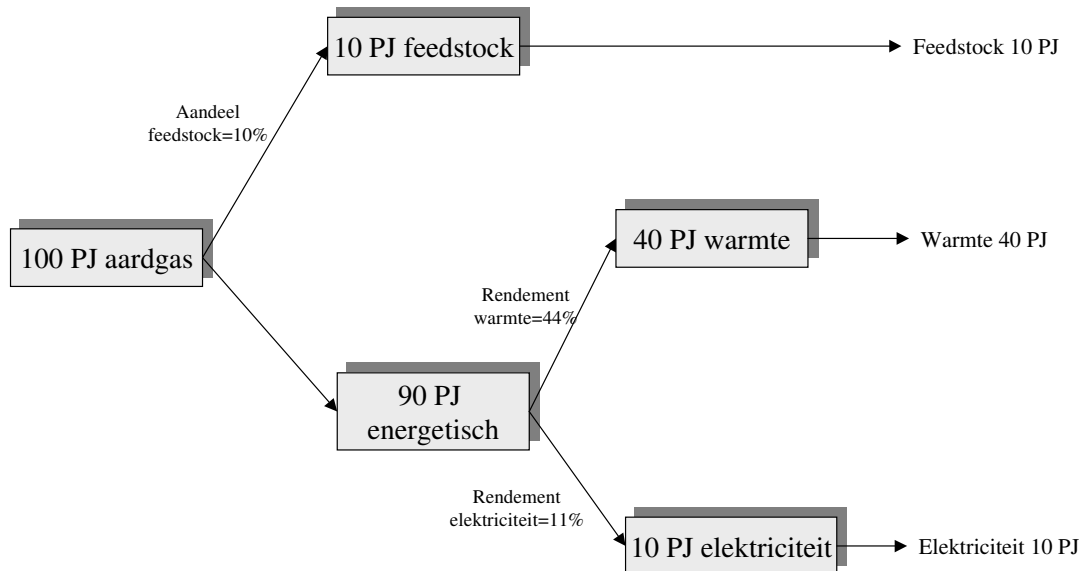
Bovengenoemde energiedragers worden in veel gevallen omgezet in een zogenaamde 'nuttige energiedragers'. In PIE-excel worden de volgende Nuttige Energiedragers onderscheiden:

- Warmte
- Electriciteit
- Feedstock (grondstof voor chemische producten)

Om de vertaling te maken van finale energiedragers naar nuttige energiedragers (zie ook de Appendix), zijn de volgende variabelen nodig:

- Welk deel van de finale energievraag uit de sheet EvB wordt als Feedstock gebruikt. (*aandeel feedstock*)
- Het rendement (% van de energieinhoud voor energetische doeleinden) waarmee de finale energiedragers worden omgezet in nuttige energiedragers (*rendement NvB*).

In Figuur 5 staat weergegeven hoe het aandeel feedstock en de warmte- en elektriciteitsrendementen worden gebruikt in de berekeningen:



Figuur 5 : Schema FinaalNaarNuttig

Door dit voor iedere finale energiedrager te doen, wordt de totale vraag per subsector van warmte, elektriciteit en feedstock berekend.

3.2.4 'NvB' : nuttige energievraag Basisjaar

In de Sheet 'NvB' worden de resultaten uit de sheet FinaalNaarNuttig berekend en gesommeerd voor de drie secundaire energiedragers Warmte, Elektriciteit en Feedstock.

Voorbeeld: De sector chemie gebruikt als EvB 100 PJ olie en 200 PJ kolen. Van de kolen is 70% voor het gebruik van feedstock (*aandeel feedstock*). 10% van de energie-inhoud wordt elektriciteit en 5% warmte. De overige 15% gaat verloren.

Van de olie wordt 60% gebruikt voor elektriciteit en 10% voor warmte.

De Nuttige Vraag van de sector chemie wordt dan:

Tabel 3 : Voorbeeldberekening Nuttige vraag

	Uit kolen	Uit olie	NvB
Feedstock	$0,7 \cdot 200$	-	140
Warmte	$(1-0,7) \cdot 200 \cdot 0,05$	$100 \cdot 0,1$	13
Elektriciteit	$(1-0,7) \cdot 200 \cdot 0,1$	$100 \cdot 0,6$	12

3.2.5 'volume' : de volume-effecten voor de zichtjaren

De vraag naar nuttige energie uit de sheet 'NvB' worden als basis gebruikt voor de berekening van de vraag naar nuttige energiedragers in de zichtjaren. De eerste stap is daarbij de berekening van de energievraag in het zichtjaar als de nuttige vraag in iedere subsector één op één mee zou groeien met de Monetair Toegevoegde Waarde van die sector (Het zogenaamde Volume-effect).

In de sheet 'volume' staan de jaarlijkse groeipercentages van de TW per subsector. Deze worden uitgedrukt in blokken tot en met ieder te berekenen zichtjaar.

3.2.6 'NVnaV' : nuttige Energievraag na de volumegroei

NVnaV staat voor Nuttige Vraag na Volumegroei, en is de nuttige energievraag na de volumegroei uit sheet 'volume'.

$$(1) \quad NVnaV_{i,j} = NvB_{i,j} * (1 + volumegroei_i)^t$$

met:

$NVnaV_{i,j}$	<u>N</u> uttige <u>V</u> raag <u>na</u> <u>V</u> olumegroei voor eindverbruiksector i en nuttige energiedrager j .
$NvB_{i,j}$	<u>N</u> uttige <u>V</u> raag <u>B</u> asisjaar voor eindverbruiksector i en nuttige energiedrager j .
$volumegroei_i$	volumegroei voor eindverbruiksector i en nuttige energiedrager j

3.2.7 'dematerialisatie' : de structureffecten voor de zichtjaren

De volgende stap voor de berekening van de nuttige vraag in het zichtjaar is het berekenen van de energievraag na de volumegroei en na de dematerialisatie.

Per subsector en per nuttige energiedrager is in de sheet 'dematerialisatie' voor de zichtjaren aangegeven met welk percentage de volumegroei jaarlijks verminderd moet worden om de NVnaD (Nuttige Vraag na Dematerialisatie) te berekenen.

3.2.8 'NVnaD' : nuttige Energievraag na de structureffecten

De formule om de Nuttige energievraag na dematerialisatie (NVnaD) vanuit de nuttige vraag na volumegroei (NVnaV) voor eindverbruiksector i en energiedrager j in een bepaald zichtjaar t te berekenen wordt dan:

$$(2) \quad NVnaD_{i,j} = NVnaV_{i,j} * (1 + dematerialisatie_{i,j})^t$$

met hierin:

$NVnaD_{i,j}$	<u>N</u> uttige <u>V</u> raag <u>na</u> Dematerialisatie voor eindverbruiksector i en nuttige energiedrager j .
$NVnaV_{i,j}$	<u>N</u> uttige <u>V</u> raag na Volumegroei voor eindverbruiksector i en nuttige energiedrager j .
$dematerialisatie_{i,j}$	jaarlijkse procentuele verandering van de volumegroei voor eindverbruiksector i en nuttige energiedrager j .

3.2.9 'temperatuurcorrectie-effect' : de temperatuurcorrecties voor de zichtjaren.

De afgelopen 10 à 15 jaar is het in Nederland steeds warmer geworden zowel in de winter als in de zomer. De verwachting is dat deze trend zich voortzet. Dit heeft een niet te verwaarlozen effect op het energiegebruik voor met name ruimteverwarming in de winter. Daarom wordt in de projecties van het energiegebruik hier rekening mee gehouden door de nuttige vraag naar energie te corrigeren voor het verwachte aantal warmte graaddagen.

3.2.10 'besparing' : de besparingen voor de zichtjaren

De laatste stap voor de berekening van de nuttige vraag in het zichtjaar is het berekenen van de energievraag na de volumegroei, en na de dematerialisatie en na de besparingen.

Per subsector en per nuttige energiedrager is in de sheet 'besparing' voor de zichtjaren aangegeven met welk percentage de volumegroei en dematerialisatie verminderd moet worden om de NVnaB (Nuttige Vraag na Besparing) te berekenen.

3.2.11 'NVnaB' : nuttige Energievraag na de besparingen

$$(3) \quad NVnaB_{i,j} = NVnaD_{i,j} * (1 + besparing_{i,j})^t * C_{i,j} *$$

met hierin:

$NVnaB_{i,j}$	<u>N</u> uttige <u>V</u> raag <u>na</u> <u>B</u> esparing voor eindverbruiksector i en nuttige energiedrager j .
$NVnaD_{i,j}$	<u>N</u> uttige <u>V</u> raag na <u>D</u> ematerialisatie voor eindverbruiksector i en nuttige energiedrager j .
$besparing_i$	jaarlijkse procentuele verandering van de groei na dematerialisatie voor eindverbruiksector i en nuttige energiedrager j .
$C_{i,j}$	Temperatuurcorrectie

3.2.12 'NuttigNaarFinaal' : omrekenen Nuttige energievraag naar finale energievraag

In deze sheet worden de gegevens ingevoerd om de nuttige energievraag van een zichtjaar weer terug te rekenen naar finale energievraag. Het is de omgekeerde stap dan is gemaakt in 'finaalnaarnuttig'. De volgende gegevens zijn voor deze berekening nodig:

- Het aandeel in de Nuttige Energiedrager dat wordt geproduceerd door de Finale Energiedragers;
- Het rendement van de productie van Nuttige energiedragers uit de Finale Energiedragers (bijvoorbeeld de hoeveel eenheden kolen zijn er nodig om één eenheid warmte te maken).

In deze sheet wordt tevens een ketelrendement ingevoerd. Waar dat voor nodig is, wordt uitgelegd in hoofdstuk 3.4.

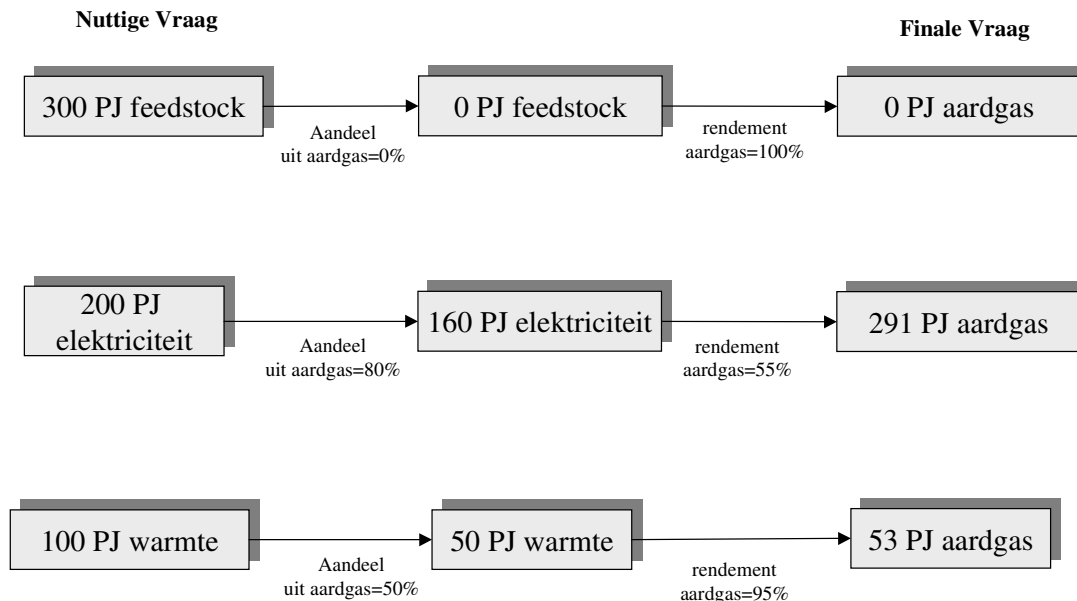
3.2.13 'EV' : ' omrekenen nuttige energievraag naar finale energievraag

De sheet 'Nuttig naar Finaal' en de sheet 'NVnaB' worden nu gecombineerd tot de Finale energievraag Zichtjaar (EV). De Finale energievraag wordt onderverdeeld in:

Voor sector i wordt de nuttige energievraagdrager na besparing k omgerekend naar de finale energievraagdrager j . Dit gebeurt met de formule:

$$(4) \quad EV_{i,j} = \sum_k \frac{\text{aandeel}_{i,j,k} * NVnaB_{i,k}}{\text{rendement}_{i,j,k}}$$

Figuur 2 geeft schematisch weer hoe de finale vraag naar bijvoorbeeld aardgas wordt berekend. In dit voorbeeld is de finale aardgas vraag dus 344 PJ. In feite is dit het omgekeerde schema als figuur 1 uit hoofdstuk 2.



Figuur 6 : Voorbeeld NuttigNaarFinaal aardgas

3.3 EnergieAanbod Conversiesector

3.3.1 Inleiding

In het blok 'Energievraag' is de vraag naar de finale energiedragers berekend. Een aantal van deze energiedragers zoals elektriciteit wordt geproduceerd uit andere energiedragers (kolen, gas, biomassa, wind etcetera). Deze productie vindt plaats in een aparte conversiesector maar kan ook plaatsvinden in de eindverbruiksector. Deze paragraaf beschrijft het blok 'Energieaanbod' waar de productie van de energiedragers in de conversiesector is gemodelleerd. In de volgende paragraaf wordt ingegaan op de interactie met de productie die plaatsvindt in de eindgebruikersectoren. Hieronder wordt ingegaan op de sheet 'Elektriciteitsvoorziening'. Eerst wordt het elektriciteitsproductiepark beschreven en daarna wordt de inzet van energiedragers berekend. Tenslotte beschrijft de sheet 'Vraag overig' de vraag van overige (niet -elektriciteit) energiedragers die centraal worden geproduceerd. Hierbij komt ook de warmteproductie in de elektriciteitsvoorziening aanbod.

3.3.2 'Elektriciteitsvoorziening': gegevens over het elektriciteitproductiepark

In de sheet 'elektriciteitsvoorziening' worden gegevens ingevoerd van het totale elektriciteitsproductiepark (verder aangeduid als: park).

De volgende gegevens worden ingevoerd:

1. productiegegevens van het park;

2. verdeling van decentrale productie over de subsectoren;
3. verbruikssaldo van de finale energiedragers van de distributiesector.

ad 1

In dit model is verondersteld dat het park bestaat uit de volgende installatietypen:

- Aardgas
- Kolen
- Kern
- Olie
- Warmtekracht WD
- Warmtekracht ev, groot
- Warmtekracht ev, klein
- Wind
- Zon
- AVI
- Biomassa
- Overig
- Import
- Gas + CO₂
- Kolen + CO₂

Voor ieder type worden de volgende kenmerken ingevoerd:

1. Elektrische Vermogen (in MW);
2. Bedrijfstijd per centrale (in uren);
3. Elektrisch Rendement (%);
4. Thermisch rendement (%).

Bovenstaande kenmerken worden zowel voor de installaties die er vanaf het basisjaar staan (basispark) als voor de installaties die nieuw worden bijgebouwd (nieuw vermogen) ingevoerd. De reden dat deze apart moeten worden ingevoerd, is omdat nieuw installaties vaak andere productiekarakteristieken hebben dan 'oude' installaties.

Voorbeeld: als er staat:

basis, bestaand vermogen (MW)

type	2000	2010
aardgas	1000	500

nieuw, in aanbouw zijnd vermogen (MW)

type	2000	2010
aardgas	0	1000

Betekent dat dat er in 2010 nog 500 MW installaties op aardgas staan uit het jaar 2000, en dat er tot en met 2010 tevens 1000 MW is bijgebouwd.

ad 2

Enkele installatietypen staan opgesteld bij de eindgebruikers. Dit betreft:

- warmte-kracht ev, groot
- warmte-kracht ev, klein

- zon
- wind
- biomassa

in de sheet 'elektriciteitsvoorziening' moet worden aangegeven hoe de productie uit deze installaties is verdeeld over de subsectoren. Dit is nodig voor berekeningen in hoofdstuk 3.3.

ad 3

Als laatste wordt in de sheet 'elektriciteitsvoorziening' het verbruiksaldo van de distributiesector ingevoerd.

3.3.3 *'ref, act, conv' : berekenen van het referentie-, het actuele en het centrale park*

Referentiepark

Met het vermogen, de bedrijfstijd en het elektrisch en thermisch rendement, welke zijn ingevoerd in de sheet 'elektriciteitsvoorziening', wordt per type installatie het volgende berekend:

- elektriciteitsproductie (in PJ)
- brandstofinzet (in PJ)
- warmteproductie (in PJ)

Dit met de volgende formules:

$$(5) \quad E - \text{produktie} = \frac{\text{Elektrisch Vermogen} * \text{bedrijfstijd} * 3,6}{10^6}$$

$$(6) \quad \text{Brandstof - inzet} = \frac{E - \text{prod}}{\text{Elektrisch rendement}}$$

$$(7) \quad \text{warmte - produktie} = \text{Brandstof - inzet} * \text{Thermisch Rendement}$$

Het referentiepark wordt berekend door nu per jaar en per type centrale de productie, de brandstofinzet en de warmteproductie van het park Basisjaar en het park Nieuw vermogen bij elkaar op te tellen.

Actuele park

Bij aanpassingen van een scenario kan het zo zijn dat de productie van het Referentiepark niet meer aansluit bij de nieuwe elektriciteitsvraag (zoals berekend in hoofdstuk 3.2.11).

Als dat het geval is, wordt de elektriciteitsproductie uit aardgas als *correctiepost* gehanteerd. Dat wil zeggen dat meer of minder vraag vertaald

wordt in meer of minder aardgasgestookt vermogen. Dit is geïntroduceerd omdat voor veel andere typen vermogen vaak de behoefte bestaat om deze absoluut vast te zetten. Het principe van gelijkmatige op/neerschaling van alle typen afhankelijk van de vraag gaat daar niet mee samen.

Aardgas als correctiepost wordt als volgt berekend:

Eerst wordt de *totale elektriciteitsvraag* bepaald. Dit is de som van enerzijds de elektriciteitsvraag van eindgebruikers en anderzijds de elektriciteitsvraag van de distributiebedrijven.

De elektriciteitsvraag van de eindgebruikers wordt als volgt berekend: de sommatie van:

1. de nuttige elektrische vraag na besparing van elektriciteit (NVnaB, zie hoofdstuk 3.2.11);
2. de elektriciteit nodig voor de productie van warmte (bv elektriciteit voor straalkachels);
3. de elektriciteit nodig voor feedstock (bijv. elektriciteit voor electrolyse).

In formulevorm is dit per subsector:

$$\text{Totale ElekVraag} = \text{NVnaB}_{\text{elek}} + \frac{\text{NVnaB}_{\text{warmte}} * \text{Aandeel}_{\text{elek in warmteproductie}}}{\text{rendement}_{\text{omzetting elek --> warmte}}} + \frac{\text{NVnaB}_{\text{i,feedstock}} * \text{Aandeel}_{\text{elek in feedstock}}}{\text{rendement}_{\text{omzetting elek --> feedstock}}}$$

Het tweede deel van de formule is als volgt te beschrijven: Het deel van de totale warmtevraag dat met elektriciteit wordt opgewekt (boven de deelstreep), gedeeld door het rendement van deze omzetting.

Het derde deel van de formule is dan: Het deel van de totale vraag naar feedstocks dat met elektriciteit wordt geproduceerd (boven de deelstreep), gedeeld door het rendement van deze omzetting.

Op bovenstaande manier wordt voor iedere subsector de elektriciteitsvraag berekend. Dit wordt vervolgens gesommeerd en hierbij wordt de elektriciteitsvraag van de distributiesector opgeteld voor de *totale elektriciteitsvraag*.

Het installatietype 'aardgas' wordt vervolgens gecorrigeerd om aan deze vraag te voldoen. Het park wat dan berekend is, is het *Actuele Park*.

Park Conversiesector

Zoals gezegd staan niet alle installaties in de conversiesector. Een bepaald percentage van de volgende typen valt onder de eindgebruiksectoren:

- warmtekracht ev, groot
- warmtekracht ev, klein
- wind

- zon
- biomassa

In de sheet 'elektriciteitsvoorziening' is opgegeven welk deel er bij de eindgebruiksectoren staat. Door het actuele park met deze percentages te corrigeren wordt de samenstelling van de productie van de conversiesector berekend.

De Conversiesector moet de elektriciteit over grote afstanden transporteren en daarbij treden transportverliezen op. In de praktijk moet er dus meer geproduceerd worden dan de vraag van de eindgebruikers. Deze transportverliezen zijn opgegeven in de sheet 'nuttig-naar-finaal'. Door hiervoor te corrigeren, wordt het Park Conversiesector berekend.

Verdeling over de energiedragers

De brandstofinzet van de verschillende opwektypen van de Conversiesector wordt verdeeld over de energiedragers kolen, olie, aardgas, elektriciteit, duurzaam, overig en import. Dit gebeurt met de volgende verdeling:

Tabel 4 : Verdeling van de finale energiedragers over de verschillende opwekkingstypen

Energiedrager	Opwekkingstypen
Kolen	<ul style="list-style-type: none"> • Kolen • Kolen + CO₂
Olie	<ul style="list-style-type: none"> • Olie
Aardgas	<ul style="list-style-type: none"> • Aardgas • Warmtekracht WD • Warmtekracht ev, groot • Warmtekracht ev, klein
Duurzaam	<ul style="list-style-type: none"> • Gas + CO₂ • Wind • Zon • Biomassa • 50 % van de AVI
Overig	<ul style="list-style-type: none"> • Kern • 50% van de AVI
Import	<ul style="list-style-type: none"> • Import

3.3.4 'vraagoverig' : vraag naar overige energiedragers van de eindgebruikers

De Conversiesector produceert naast elektriciteit ook warmte. Deze warmteproductie is berekend in de sheet: 'ref, act, conv'. Welk deel van deze productie aan de verschillende eindgebruiksectoren wordt geleverd, staat

beschreven in de sheet 'vraag overig'. Hierin staat tevens het transportrendement van warmte.

In deze sheet kan tevens ook de vraag naar andere energiedragers worden ingevuld.

3.4 Aansluiting vraag op aanbod : sheet 'nuttig naar finaal'

Zoals beschreven is de sheet 'nuttig naar finaal' bedoeld om de nuttige energievraag van een zichtjaar van de eindgebruiksectoren weer terug te rekenen naar finale energievraag. Het is de omgekeerde stap dan is gemaakt in 'finaal naar nuttig'. De volgende gegevens zijn voor deze berekening nodig (hoofdstuk 3.2.12):

- Het aandeel in de Nuttige Energiedrager dat wordt geproduceerd door de Finale Energiedragers;
- Het rendement van de productie van Nuttige energiedragers uit de Finale Energiedragers (bijvoorbeeld hoeveel eenheden kolen zijn er nodig om één eenheid warmte te maken).

Echter, niet alles uit deze sheet is invoer. Omdat in de sheet 'ref, act, conv' ook is berekend hoeveel van het park bij de eindgebruiksectoren staat, moet daar ook voor worden gecorrigeerd in de sheet 'nuttig naar finaal'. Dit om modeltechnisch ervoor te zorgen dat de eindgebruiksectoren niet meer of minder elektriciteit produceren dan in 'ref, act, conv' is berekend.

Als voorbeeld welke variabelen berekend worden, volgt hieronder een tabel:

Tabel 5 : Voorbeeld tabel Nuttig naar Finaal

jaar	2001	Warmte						
Rendement (fractie)	Chemie	Ketelrendement	kolen	olie	aardgas	elektriciteit	duurzaam	overig
	Personen		50%	90%	40%	74%	70%	98%
			0%	100%	100%	0%	80%	60%
		Elektriciteit						
Chemie		kolen	olie	aardgas	elektriciteit	duurzaam	overig	
	Personen		100%	50%	35%	100%	100%	40%
			40%	40%	35%	100%	39%	80%
		Feedstock						
Chemie		kolen	olie	aardgas	elektriciteit	duurzaam	overig	
	Personen		100%	100%	100%	100%	100%	100%
			100%	100%	100%	100%	100%	
Aandeel (percentage)	Chemie	Warmte						
	Personen	kolen	olie	aardgas	elektriciteit	duurzaam	overig	
		5%	10%	59%	20%	5,0%	0,6%	
		6%	76%	0%	10%	4,0%	3,4%	
		Elektriciteit						
Chemie		kolen	olie	aardgas	elektriciteit	duurzaam	overig	
	Personen		5%	5%	50%	29%	6%	5%
			5%	5%	35%	36%	14%	5%
		Feedstock						
Chemie		kolen	olie	aardgas	elektriciteit	duurzaam	overig	
	Personen		20%	10%	20%	30%	0%	20%
			20%	0%	30%	20%	10%	20%

In de volgende subparagrafen worden de berekeningen van de omcirkelde nummers uitgelegd:

Punt 1: rendement warmteopwekking met aardgas.

In een grijs PIE -verleden is het volgende bepaald over de berekeningswijze van het rendement van de warmteopwekking met aardgas:

‘Bij de berekening van het rendement van warmteproductie uit aardgas per sector wordt er rekening mee gehouden of de warmte uit warmtekracht dan wel met een ketel wordt geproduceerd. Hierbij wordt modelmatig het brandstofverbruik van warmtekracht volledig toegerekend aan elektriciteit.’

Dit moet even in het achterhoofd worden gehouden.

Een rendement wordt berekend door de hoeveelheid warmte die UIT de installaties komt te delen door de totale energie die daar IN gaat.

We hebben hier echter te maken met twee systemen om warmte te produceren: de wkk-productie en de conventionele warmteproductie uit een ketel. Het rendement in sector i voor warmte wordt in een bepaald zichtjaar dan simpel berekend volgens:

$$(8) \quad \text{rendement}_{i, \text{aardgas}} = \frac{\text{warmteproductie wkk}_i + \text{warmteproductie ketel}_i}{\text{gasinput wkk}_i + \text{gasinput ketel}_i}$$

De *gasinput voor de ketels* wordt berekend door de hoeveelheid warmte die de ketel uit gaat te delen door het *ketelrendement*. Het ketelrendement is invoer in 'nuttig-naar-finaal'.

De *gasinput voor de wkk* wordt toegerekend aan de electriciteitsproductie, (achterhoofd) dus is de gasinput wkk per definitie 0.

$$\text{rendement}_{i, \text{aardgas}} = \frac{\text{warmteproductie wkk}_i + \text{warmteproductie ketel}_i}{0 + \frac{\text{warmteproductie ketel}_i}{\text{ketelrendement}_i}}$$

De hoeveelheid warmte die uit de ketel komt (warmteproductie ketel _{i}), wordt als volgt berekend:

Allereerst wordt bepaald hoeveel warmte er totaal wordt geproduceerd met aardgas (dus ketel en wkk samen). Dit wordt bepaald door het *aandeel van aardgas* in de warmteproductie te vermenigvuldigen met de totale vraag naar warmte ($NVnaB_{\text{warmte}}$).

Hier wordt de warmteproductie van de wkk gehaald.

De formule wordt dan (warmteproductie ketel _{i} invullen):

$$\text{rendement}_{i, \text{aardgas}} = \frac{\text{warmteproductie wkk}_i + (\text{aandeel}_i * NVnaB_{\text{warmte}} - \text{warmteproductie wkk}_i)}{\frac{\text{aandeel}_i * NVnaB_{\text{warmte}} - \text{warmteproductie wkk}_i}{\text{ketelrendement}_i}}$$

Dit kan worden herschreven als:

$$\text{rendement}_{i, \text{aardgas}} = \frac{\text{ketelrendement}_i * \text{aandeel}_i * NVnaB_{\text{warmte}}}{\text{aandeel}_i * NVnaB_{\text{warmte}} - \text{warmteproductie wkk}_i}$$

$$(9) \quad \text{rendement}_{i,\text{aardgas}} = \frac{\text{aandeel}_i * \text{ketelrendement}_i}{\text{aandeel}_i - \left(\frac{\text{warmteproductie wkk}_i}{\text{NVnaB}_{\text{warmte}}} \right)}$$

De twee in te vullen variabelen, aandeel_i en $\text{warmteproductie wkk}_i$, respectievelijk in punt 4 en in onderstaande paragraaf uitgelegd:

De wkk-warmteproductie

De wkk-warmteproductie wordt in PIE opgesplitst in de productie uit grote installaties (wkk-groot) en productie uit kleine installaties (wkk-klein). Deze installaties kunnen zowel in de eindverbruikersectoren als in de conversiesector staan. In PIE-excel moet, in de sheet 'elektriciteitsvoorziening' worden ingevoerd welk deel van de wkk-productie in welke eindverbruikersector plaatsvindt.

Om nu de totale wkk-warmteproductie *per sector* te berekenen moeten bovenstaande percentages worden vermenigvuldigd met de totale wkk-productie. In PIE wordt de totale warmteproductie apart uitgerekend. Dit wordt verder uitgelegd in paragraaf 3.3.3).

Punt 2: rendement elektriciteits-opwekking met aardgas.

In PIE wordt aangenomen dat het aardgasgebruik voor wkk-installaties volledig aan elektriciteit wordt toegerekend. Er zijn twee typen wkk-installaties: wkk-groot en wkk-klein. De formule voor sector i om het elektrische rendement te berekenen wordt dan:

$$\text{rendement}_i = \frac{(\text{wkk klein uit})_i + (\text{wkk groot uit})_i}{(\text{wkk klein in})_i + (\text{wkk groot in})_i}$$

Als aangenomen wordt dat de installaties in iedere sector hetzelfde rendement hebben, wordt het rendement voor sector i geschreven als:

$$\text{rendement}_i = \frac{\text{aandeel}_{\text{wkk-klein},i} * (\text{wkk klein uit})_{\text{totaal}} + \text{aandeel}_{\text{wkk-groot},i} * (\text{wkk groot uit})_{\text{totaal}}}{\left(\frac{\text{aandeel}_{\text{wkk-klein},i} * (\text{wkk klein uit})_{\text{totaal}}}{\text{rendement wkk klein}} \right) + \left(\frac{\text{aandeel}_{\text{wkk-groot},i} * (\text{wkk groot uit})_{\text{totaal}}}{\text{rendement wkk groot}} \right)}$$

Eigenlijk een soort gemiddeld rendement van wkk-groot en wkk-klein.

Punt 3: rendement elektriciteitsopwekking met duurzaam.

De geproduceerde elektriciteit uit duurzame energie (zon, wind en biomassa) wordt gedeeld door de hoeveelheid energie die nodig was voor de opwekking ervan. De hoeveelheid energie die nodig was voor de opwekking, wordt net als in punt 2 berekend door de geproduceerde elektriciteit te delen door het rendement. Zo krijg je een soort gewogen gemiddeld duurzaam rendement.

Punt 4: aandeel warmte-opwekking met aardgas

Dit is een restpost en wordt als volgt berekend:

$$\text{aandeel}_{\text{aardgas}} = 1 - \text{aandeel}_{\text{kolen}} - \text{aandeel}_{\text{olie}} - \text{aandeel}_{\text{elektriciteit}} - \text{aandeel}_{\text{duurzaam}} - \text{aandeel}_{\text{overig}}$$

Voor de verkeerssector geldt dat olie de restpost is.

Punt 5: Het aandeel van Overig in de warmteproductie

Deze post 'overig' wordt berekend door de warmteproductie met behulp van overige energiedragers te delen door de totale hoeveelheid geproduceerde warmte. In formulevorm:

$$\text{aandeel}_{\text{overig}} = \frac{\text{aandeel}_{\text{warmte voorziening overig}} * \text{warmtevraag}_{\text{voorziening overig}} * \text{rendement}_{i,\text{warmte}}}{\text{NVnaB}_{i,\text{warmte}}}$$

De 'warmtevraag voorziening overig' is de totale warmteproductie uit de sheet 'Voorziening Overig', gedeeld door het Transportrendement voor warmte uit de sheet 'Vraag Overig'. Het $\text{rendement}_{i,\text{warmte}}$ komt ook uit de sheet 'nuttignaarfinaal'.

Punt 6: Het aandeel van aardgas en duurzaam in de elektriciteitsproductie
aardgas

Er wordt weer veronderstelt dat in de eindverbruikersectoren alle elektriciteitsproductie in wkk-installaties met aardgas als grondstof plaatsvindt. Het aandeel wordt dan berekend door de elektriciteitsproductie met wkk-installaties te delen door de totale elektriciteitsvraag. Zoals gezegd zijn er kleine en grote wkk-installaties.

In de sheet 'electriciteitsvoorziening' is aangegeven welk deel van het vermogen van de 2 verschillende wkk-installaties in welke sectoren staan opgesteld (zie 0). Hiermee kan dus met behulp van de totale elektriciteitsproductie van de 2 verschillende typen wkk-installaties (tevens berekend in de sheet 'elektriciteitsvoorziening') ook berekend worden hoeveel elektriciteit er in de betreffende sectoren per type wkk-installatie wordt opgewekt. Het aandeel van aardgas in de elektriciteitsproductie in sector i wordt dus als volgt berekend:

$$\text{aandeel}_{\text{aardgas}} = \frac{\text{aandeel}_{\text{wkk - klein}_i} * \text{totale produktie}_{\text{wkk - klein}} + \text{aandeel}_{\text{wkk - groot}_i} * \text{totale produktie}_{\text{wkk - groot}}}{\text{Totale elektriciteitsvraag}_i}$$

duurzaam

De berekening van het aandeel van duurzaam in de elektriciteitsopwekking per sector is analoog aan dat van aardgas. In plaats van 2 typen (wkk-klein en wkk-groot) zijn er bij duurzame elektriciteitsopwekking echter 3 typen te onderscheiden: wind, zon en biomassa.

Punt 7: aandeel elektriciteit in de elektriciteitsopwekking.

Het verschil tussen de elektriciteitsvraag en het elektriciteitsaanbod in een sector zelf, wordt ingekocht (dus: wat de sector niet zelf kan produceren, wordt ingekocht). Het aandeel van deze ingekochte elektriciteit is dus een restpost en wordt berekend volgens:

$$\text{aandeel elektriciteit}_i = 1 - \text{aandeel aardgas}_i - \text{aandeel duurzaam}_i - \text{aandeel kolen}_i - \text{aandeel olie}_i - \text{aandeel overig}_i$$

Aannames:

- Geen feedstock-aandeel uit 'overig'
- Geen decentrale elektriciteitsopwekking uit kolen, olie en overig
- Rendement elektriciteit uit elektriciteit altijd 100%

3.5 Emissies van de Conversiesector

3.5.1 *'EmConv': emissiefactoren en emissies van de Conversiesector*

Emissies elektriciteitsproductie

Voor de berekening van de Emissies van de elektriciteitsproductie moeten de emissiefactoren per stof en per installatietypen worden ingevoerd in de sheet 'EmConv'. Dit moet worden gedaan voor het Bestaande park en het Nieuwe Park. De emissies worden berekend voor achtereenvolgende het *referentie park, het actuele park en het conversiepark*. De emissies van het *referentiepark* worden bepaald door de brandstofinzet van het bestaande park, berekend in sheet 'elektriciteitsvoorziening' te vermenigvuldigen met de emissiefactoren van het bestaande park, en de brandstofinzet van het nieuwe park te vermenigvuldigen met de emissiefactoren van het nieuwe park en dit op te tellen. Vervolgens worden de emissies van het *actuele park* berekend door het referentiepark te corrigeren voor het meer of minder inzetten van aardgas. Als laatste worden de emissies van *conversiepark* berekend door de emissies van het actuele park te vermenigvuldigen met het aandeel van de conversiesector in de productie zoals opgegeven in de sheet 'elektriciteitsvoorziening'.

Opmerkingen:

- Van de CO₂-uitstoot van AVI's wordt verondersteld dat de helft hiervan kort-cyclisch is en derhalve dus ook niet tot de als schadelijke uitstoot hoeft te worden gerekend. Hiervoor is gecorrigeerd door een AVI-correctiefactor te introduceren.

Emissies transport/distributie

Omdat de transport/distributiesector ook onder de energiebedrijven valt, zijn de emissieberekeningen van deze sector opgenomen in 'EmConv'. Voor iedere energiedrager en voor ieder jaar worden de emissiefactoren ingevoerd en vervolgens worden de emissies van deze sector bepaald.

3.6 Emissies van de eindgebruiksectoren

3.6.1 *Inleiding*

De emissieberekeningen van de eindgebruiksectoren zijn niet in één sheet ondergebracht, omdat voor iedere stof emissiefactoren moeten worden ingevoerd en emissies worden berekend per zichtjaar, per sector, energetisch, proces of feedstock en per finale energiedrager. Bij 10 sectoren, 3 jaren, 6 energiedragers en 5 stoffen zijn er bijvoorbeeld al ongeveer 3800 gegevens. Als dit allemaal ondergebracht zou worden in 1 sheet, dan zou dat een te omvangrijke en onoverzichtelijke sheet worden. Vandaar dat er voor is gekozen om voor iedere stof 2 sheets te maken: 'Emissiefactor Stof X' en 'Emissie Stof X'

3.6.2 *'Emissiefactor Stof X'*

In deze sheet worden per zichtjaar en per sector de volgende drie variabelen ingevoerd:

1. energetische emissiefactoren per finale energiedrager voor de berekening van de emissies uit energetische toepassingen
2. feedstockvastleggingspercentage per finale energiedrager voor de berekening van de feedstockemissies (alleen voor CO₂)
3. procesemissies

Vervolgens wordt hiermee het volgende berekend:

- De emissies uit energetische toepassingen worden berekend door de emissiefactoren van punt 1) te vermenigvuldigen met de verbruikssaldi uit de sheet 'EV'.
- De berekening van de feedstockemissies per sector, finale energiedrager en zichtjaar gaat als volgt:

$$\text{feedstock} = (1 - \text{vastleggingspercentage}) * \text{feedstockgebruik} * \text{emissiefactor}$$

In woorden: een bepaald deel van het feedstockgebruik uit de sheet 'EV' wordt niet permanent vastgelegd maar de koolstof hierin komt op den duur weer vrij in de atmosfeer $(1 - \text{vastleggingspercentage}) * \text{feedstockgebruik}$. Er wordt verondersteld dat de hoeveelheid vrijkomende koolstof gelijk is aan de hoeveelheid die zou zijn vrijgekomen als het was verbrand (dus: **emissiefactor*).

- De procesemissies worden hard ingevoerd en behoeven dus geen berekening.

3.6.3 *'Emissie Stof X'*

In de sheet 'emissie' worden de emissies per hoofdsector en per zichtjaar bij elkaar opgeteld en gepresenteerd. Voor de volledigheid worden de emissies van de energiesector hier ook gepresenteerd.

4 Conclusies en vervolg

PIE is een gezamenlijk project van ECN en RIVM/MNP. Dit rapport geeft een beschrijving van het PIE-informatiesysteem en het toepassingsgebied hiervan. De gekozen structuur is uitgelegd en deze lijkt te voldoen aan de gestelde doelen. De volgende stap is de toepassing van het PIE-informatiesysteem. Hiervoor worden op korte termijn de acties ondernomen:

1. Er wordt een protocol en overdrachtsmodule ontwikkeld om de energie-data van ECN in PIE te transporteren;
2. De resultaten van de momenteel in ontwikkeling zijnde projecties van de ReferentieRaming klimaat en verzuring en de scenario's van de WLO worden door middel van de overdrachtsmodule in PIE geïmplementeerd.

Punt 1 is inmiddels door ECN uitgevoerd (Daniels en Volkers 2004). Punten 2 wordt door het RIVM/MNP uitgevoerd.

Lijst van figuren en tabellen

FIGUREN

Figuur 1 : Structuur van het Platform voor Integrale Energie- en emissieverkenningen.	11
Figuur 2 : Structuur van de energievraagzijde van PIE	13
Figuur 3 : Structuur van de energieaanbodzijde van PIE	17
Figuur 4 : Startscherm van PIE-excel	22
Figuur 5 : Schema FinaalNaarNuttig	25
Figuur 6 : Voorbeeld NuttigNaarFinaal aardgas	29

TABELLEN

Tabel 1 : eindgebruikssectoren van PIE	15
Tabel 2 : Eindverbruiksectoren in PIE	23
Tabel 3 : Voorbeeldberekening Nuttige vraag	25
Tabel 4 : Verdeling van de finale energiedragers over de verschillende opwekkingstypen	33
Tabel 5 : Voorbeeld tabel Nuttig naar Finaal	35

Referenties

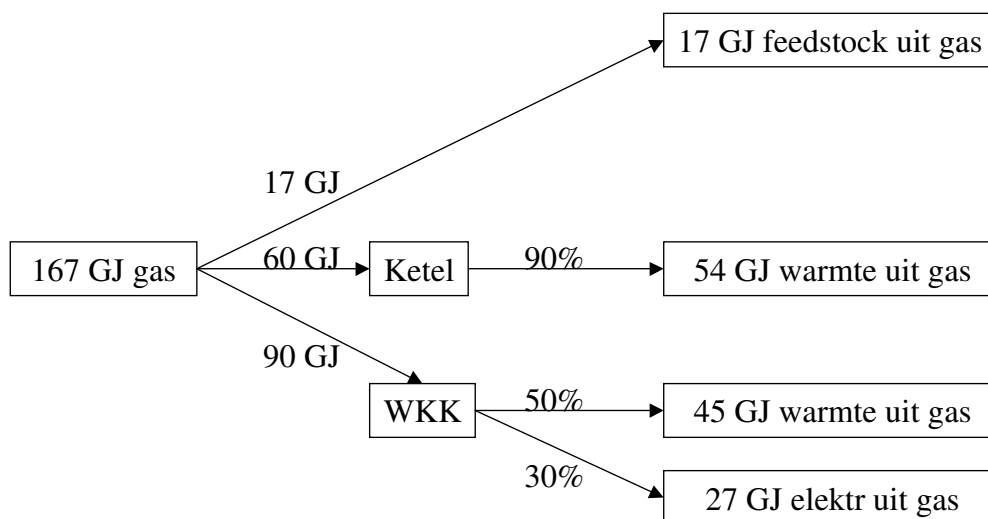
Daniels, B. en C. Volkers (2005). Dataoverdracht ECN RIVM. ECN-C--05-001. Petten, ECN.

Appendix

Definitie rendementen in PIE

Deze appendix beschrijft aan de hand van een getallenvoorbeeld de definiëring van rendementen in PIE. In een aantal gevallen kan de definiëring in combinatie met het ontbreken van bepaalde gegevens resulteren in vreemde waarden voor historische jaren. Voor de bruikbaarheid van PIE heeft dit geen consequenties; het betreft altijd waarden van rekenkundige rendementen, die de verhouding tussen brandstofinzet en productie van warmte en elektriciteit aangeven. De waarden hiervan zijn in ieder geval wel correct op de geaggregeerde niveaus.

Alles bekend (stromen & rendementen op procesniveau)



Verder verondersteld: 34 GJ warmte en 36 GJ elektriciteit uit overige brandstoffen

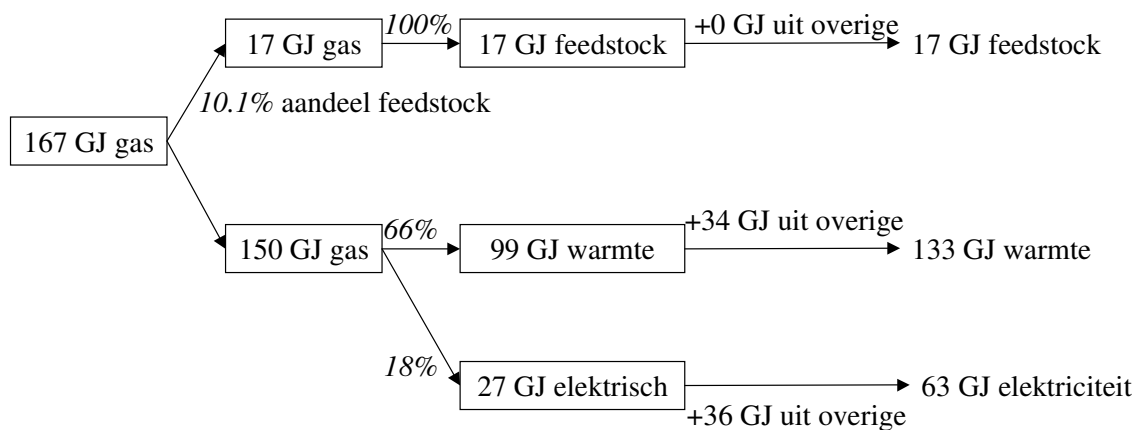
Stromen en processen

De figuur laat een voorbeeld van stromen en rendementen zien voor wanneer alles op het niveau van stromen en processen bekend is. De getallen zijn zodanig gekozen dat geen enkel getal twee keer voorkomt. Alle rendementen en stromen zijn op procesniveau. Voor WKK wordt voor zowel warmte al elektriciteit gerekend met het rendement op de totale input; de input wordt niet gescheiden in een deel voor warmte en een deel voor elektriciteit. In PIE is de informatie niet op dit gedetailleerde niveau

beschikbaar. PIE moet dus rekenen met overall rendementen voor nuttig naar finaal en finaal naar nuttig.

De volgende figuren geven de rekenrendementen weer voor finaal naar nuttig en nuttig naar finaal. Omdat in de volgende figuren de afzonderlijke processen niet meer bekend zijn, wijken de rendementen af van de hier weergegeven rendementen, hoewel het achterliggende systeem identiek is.

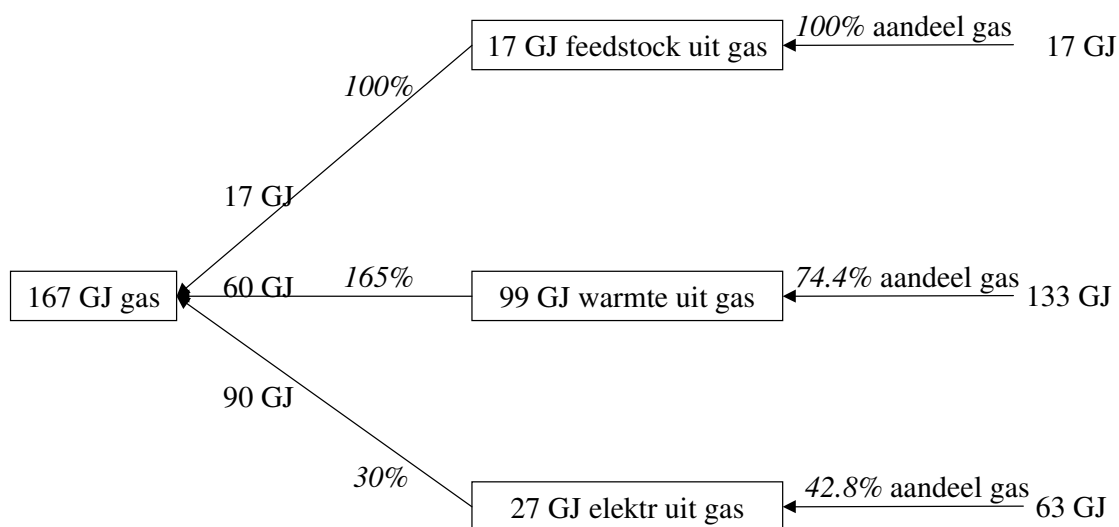
FinaalNaarNuttig (verbruikssaldo naar nuttig)



Rendementen Finaal naar Nuttig

De figuur laat de berekening van de nuttige vraag zien op basis van het verbruikssaldo en de rendementen op warmte en elektriciteit. Het betreft hier rekenkundige rendementen die alleen het verband tussen de totale inzet van gas en de geproduceerde warmte en elektriciteit weergeven. Door optelling van de warmte en elektriciteit uit andere brandstoffen bij de warmte en elektriciteit uit gas resulteert de totale nuttige vraag voor warmte en elektriciteit.

NuttigNaarFinaal (nuttig naar verbruikssaldo)



Rendementen Nuttig naar Finaal

De figuur laat de berekening van het totale verbruikssaldo per brandstof zien op basis van de nuttige vraag naar warmte en elektriciteit. Bekend moeten zijn: aandelen per brandstof in de productie van warmte en elektriciteit, en de rendementen over elektriciteit en warmte per brandstof. Het principe is dat uitgegaan wordt van brandstofinzet gesplitst naar warmte en elektriciteit. Bij WKK is dit niet mogelijk. Om dubbelstellingen te voorkomen wordt voor WKK uitgegaan van een rendement voor alleen de elektriciteitsproductie, terwijl wel met de totale brandstofinzet in WKK gerekend wordt. Voor warmte wordt dientengevolge gerekend met een rendement van alle warmteproductie (ketels en WKK) over alleen de brandstofinzet in ketels. De warmteproductie van WKK wordt dus toegerekend aan de brandstofinzet bij de ketels. Dit verklaart dat, als WKK voorkomt, rendementen op warmte van meer dan 100% kunnen voorkomen.

In MONIT is de input per brandstof van WKK bekend, en de productie van warmte en elektriciteit. Niet bekend is hoeveel elektriciteit uit iedere brandstof afzonderlijk komt. Voor elektriciteit wordt daarom voor kolen, olie en gas gerekend met een identiek rendement. Dit heeft als consequentie dat bij alle drie deze brandstoffen rendementen op warmte van meer dan 100% kunnen voorkomen. In ieder geval hebben de rendementen hoger dan 100%

voor zowel kolen, olie als gas te maken met de inzet van WKK. In de jaren 70/80 was een relatief groot aandeel van WKK t.o.v. ketels bij olie en kolen niet ongebruikelijk.

De aandelen geven aan welk deel van de nuttige vraag met welke energiedrager opgewekt wordt. Levering van warmte of elektriciteit vanuit andere sectoren, wordt aangegeven als *aandeel uit overige sectoren*. Omdat aandeel plus rendement *NuttigNaarFinaal* voldoende moet zijn om uit de nuttige vraag te berekenen wat de energiedragerinzet in de sector is, betekent een netto levering aan andere sectoren een negatief *aandeel uit overige sectoren*. De som van de aandelen van de energiedragers moet dit compenseren om in totaal op 100% uit te komen, en komt daarmee boven 100%.