

Regionalisatie van Belgisch TIMES model ter uitvoering van langetermijnverkenningen voor energie en broeikasgasemissies in Vlaanderen



Studie uitgevoerd in opdracht van
MIRA, Milieurapport Vlaanderen

Onderzoeksrapport

MIRA/2012/08, oktober 2012

Regionalisatie van Belgisch TIMES model ter uitvoering van langetermijnverkenningen voor energie en broeikasgasemissies in Vlaanderen

Luc Van Wortswinkel, Pieter Lodewijks

Transitie Energie en Milieu
VITO

**Studie uitgevoerd in opdracht van MIRA,
Milieuraapport Vlaanderen**

MIRA/2012/08

Oktober 2012

Documentbeschrijving

Titel

Regionalisatie van Belgisch TIMES model ter uitvoering van langetermijnverkenningen voor energie en broeikasgasemissies in Vlaanderen

Dit rapport verschijnt in de reeks MIRA Ondersteunend Onderzoek van de Vlaamse Milieumaatschappij. Deze reeks bevat resultaten van onderzoek gericht op de wetenschappelijke onderbouwing van het Milieurapport Vlaanderen. Dit rapport is ook beschikbaar via www.milieurapport.be.

Samenstellers

Luc Van Wortswinkel, Pieter Lodewijks
Transitie Energie en Milieu, VITO

Wijze van refereren

Van Wortswinkel L. & Lodewijks P. (2012) Regionalisatie van Belgisch TIMES model ter uitvoering van langetermijnverkenningen voor energie en broeikasgasemissies in Vlaanderen, studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij, MIRA, MIRA/2012/08, VITO.

Vragen in verband met dit rapport

Vlaamse Milieumaatschappij
Milieurapportering (MIRA)
Van Benedenlaan 34
2800 Mechelen
tel. 015 45 14 61
mira@vmm.be

D/2012/6871/026
ISBN 9789491385124
NUR 973/943

Inhoudstafel

1.	Inleiding	10
2.	Functionaliteit van het Belgisch TIMES model	11
3.	Bijkomende functionele vereisten voor toekomstverkenningen	13
3.1.	Uitbreiding broeikasgassen	13
3.2.	Afstemming van model rapportering op MIRA rapportering	13
3.3.	Regiospecifieke modelaannames.....	13
3.4.	Regiospecifieke modelresultaten	14
3.5.	Opdeling van het modelresultaat op basis van het ETS.....	14
4.	Uitbreiding broeikasgassen	15
5.	Module voor resultaatverwerking	16
5.1.	Afstemming van model rapportering op MIRA rapportering	16
5.1.1.	Processen	16
5.1.2.	Energiedragers	18
5.2.	Regiospecifieke modelresultaten.....	20
5.2.1.	Methodologie	20
5.2.2.	Verdeelsleutels	21
5.3.	Uitsplitsing van ETS en niet-ETS processen.....	24
5.3.1.	Methodologie	24
5.3.2.	Verdeelsleutels	24
5.4.	Argumentatie voor keuze van methodologie verdeelsleutels	26
5.4.1.	Modelstructuur	26
5.4.2.	Verdeelsleutel per proces	27
5.4.3.	Verdeelsleutel per variabele per proces	27
5.4.4.	Verdeelsleutel per soort modelresultaat per variabele per proces	28
5.4.5.	Assumptie van homogeniteit binnen processen	28
5.5.	Technische beschrijving van de module voor resultaatverwerking	30
5.5.1.	Access databank	30
5.5.2.	Excel file.....	30
5.6.	Overzicht module voor resultaatverwerking	32
6.	Gevalstudie TUMATIM model resultaten	33
6.1.	Basisjaar 2005	33
6.1.1.	Belgisch energieverbruik 2005	34
6.1.2.	Broeikasgasemissies België 2005	41
6.1.3.	Vlaams energieverbruik 2005	44
6.1.4.	Broeikasgasemissies Vlaanderen 2005	49
6.2.	Toekomstpad 2020 - 2050.....	52
6.2.1.	Toekomstpad voor warmte - en elektriciteitproductie	53
6.2.2.	Toekomstpad voor alle sectoren.....	57
6.2.3.	Conclusie toekomstpad 2020 - 2050	62
7.	Aanbevelingen voor verder onderzoek	64
7.1.	Basisgegevens Belgisch TIMES model	64
7.2.	Modelstructuur Belgisch TIMES model	64
7.2.1.	IJzer en staal sector CO ₂ -emissies	64
7.2.2.	Detailniveau van landbouwsector.....	64
7.2.3.	Afvalstromen	65
7.2.4.	Aardgastransport	65
7.2.5.	Detailniveau raffinage	65
7.3.	Module nacalculatie	65
7.3.1.	Verdeelsleutel 3de handelsperiode ETS	65
7.3.2.	Verdeelsleutels Vlaanderen/België industriële deelsectoren	65

7.4.	Modelaannames	65
7.4.1.	Prijselasticiteit van de transportvraag	65
7.4.2.	Basisjaar	66
8.	Conclusies	67
9.	Referenties	68

Inhoudstafel figuren

Figuur 1: Vlaams modelresultaat energieverbruik centraal elektriciteit en warmte park in PJ.....	53
Figuur 2: Vlaams modelresultaat energieverbruik WKK installaties in PJ	54
Figuur 3: Vlaams modelresultaat elektriciteitproductie in PJ.....	55
Figuur 4: Vlaams modelresultaat warmteproductie in PJ.....	56
Figuur 5: Vlaams modelresultaat energiegerelateerde CO ₂ -emissies elektriciteit en warmte productie in kton.....	57
Figuur 6: Vlaams modelresultaat energiebalans per sector in PJ.....	58
Figuur 7: Vlaams modelresultaat energiebalans per energiecategorie in PJ.....	59
Figuur 8: Vlaams modelresultaat energiegerelateerde CO ₂ -emissies per sector in kton	60
Figuur 9: Vlaams modelresultaat energiegerelateerde CO ₂ -emissies ETS sectoren in kton	61
Figuur 10: Vlaams modelresultaat energiegerelateerde CO ₂ -emissies niet-ETS sectoren in kton	62

Inhoudstafel tabellen

Tabel 1: Gegevensbronnen CH ₄ en N ₂ O-emissies	15
Tabel 2: Belgisch energieverbruik 2005 IEA/Eurostat in PJ.....	35
Tabel 3: Belgisch energieverbruik 2005 modelresultaat in PJ	36
Tabel 4: Belgisch energieverbruik 2005 modelresultaat vs. Belgisch energieverbruik 2005 IEA/Eurostat in PJ	37
Tabel 5: Brandstofgerelateerde broeikasgasemissies 2005 België modelresultaat vs. emissie inventaris in kton	42
Tabel 6: Niet-brandstofgerelateerde broeikasgasemissies CH ₄ en N ₂ O 2005 België modelresultaat in kton.....	44
Tabel 7: Vlaams energieverbruik 2005 MIRA in PJ	45
Tabel 8: Vlaams energieverbruik 2005 modelresultaat in PJ.....	46
Tabel 9: Vlaams energieverbruik 2005 modelresultaat vs. Vlaams energieverbruik 2005 MIRA in PJ	47
Tabel 10: Broeikasgasemissies 2005 Vlaanderen modelresultaat vs. MIRA in kton	50
Tabel 11: Beleidsdoelstelling CO ₂ -emissiereductie, uitgedrukt ten opzichte van CO ₂ -emissie 2005 ..	52
Tabel 12: Sectorindeling MIRA vs. TIMES	71
Tabel 13: Energie indeling TIMES.....	75
Tabel 14: Sectorindeling TIMES.....	77
Tabel 15: Verdeelsleutel 2010 Vlaanderen / België	82
Tabel 16: Verdeelsleutel 2017 Vlaanderen / België	85
Tabel 17: Verdeelsleutel ETS / niet-ETS 2010 en 2013	89

Samenvatting

In opdracht van MIRA werd binnen onderstaand onderzoek het Belgisch TIMES model uitgebreid met een module waarmee het Belgisch modelresultaat kan geregionaliseerd worden ter uitvoering van langetermijnverkenningen voor energie- en broeikasgasemissies in Vlaanderen. De uitvoering van de opdracht bestond uit 4 delen: toevoeging van CH₄- en N₂O-emissies in het Belgisch model, de afstemming van de modelrapportering op de MIRA-rapportering, de regionalisatie van het Belgisch resultaat naar Vlaanderen met opsplitsing tussen een ETS-fractie en een niet-ETS-fractie en de toetsing van het modelresultaat met historische gegevens.

De uitbreiding van de broeikasgassen met CH₄- en N₂O-emissies is opgenomen in het Belgisch TIMES model. De brandstofgerelateerde emissies zijn gebaseerd op het energieverbruik vermenigvuldigd met een emissiefactor zoals beschreven in de IPCC-guidelines [IPCC, 2006]. De niet brandstofgerelateerde emissies zijn gebaseerd op de Belgische emissie inventaris [Eionet, 2012].

De regionalisatie van het Belgisch modelresultaat is uitgewerkt in een module voor nacalculatie. Deze module is opgebouwd in Microsoft Access met resultaatrapportering in Microsoft Excel. Binnen deze module wordt een Vlaams, Vlaams ETS en Vlaams niet-ETS resultaat berekend. Deze afgeleide resultaten worden berekend op basis van het Belgisch resultaat met de toepassing van een verdeelsleutel per proces. De verdeelsleutel wordt op energieverbruik, broeikasgasemissies en kosten toegepast.

Binnen deze module wordt het Belgisch modelresultaat en het afgeleid Vlaams resultaat ingedeeld naar sectoren zoals dat ook gebeurt in de MIRA-energie-rapportering. Om de transparantie van het resultaat te verhogen werden energiedragers vergelijkbaar aan de Vlaamse energiebalans¹ gegroepeerd.

Het gebruik van een module voor nacalculatie brengt enkele voor- en nadelen met zich mee. De voordelen zijn een makkelijke opname van modeluitbreidingen aan het Belgisch TIMES-model, een goede afstemming tussen het Vlaams en het Belgisch resultaat, en de flexibiliteit van evoluerende verdeelsleutels doorheen de tijd. De nadelen zijn de afhankelijkheid van de modelmogelijkheden van de evolutie van het Belgisch TIMES-model, geen mogelijkheid tot het opnemen van afwijkende aannames voor de verschillende regio's, beperkte afstemming met historische gegevens en de moeilijkheid van interpretatie met evoluerende verdeelsleutels.

Om de uitbreiding van het model te testen werden twee modelscenario's uit het TUMATIM² project geoptimaliseerd. De gebruikte scenario's zijn een referentie scenario (geen beleidsdoelstellingen) en een lage CO₂ scenario (CO₂-emissiereductie beleidsdoelstelling) met niet-elastische vraag (geen autonome vraagvermindering).

De resultaten van het referentiescenario werden afgetoetst met historische gegevens. Het basisjaar 2005 in het model werd vergeleken met historische gegevens voor 2005 zowel voor het Belgisch als het Vlaams modelresultaat. De resultaten van deze vergelijking tonen verschillen voor het basisjaar. Op basis van deze verschillen zijn er punten voor verder onderzoek geformuleerd waarmee de werking van het Belgisch TIMES-model verder geoptimaliseerd kan worden.

De resultaten van het referentie scenario zowel als lage CO₂ scenario werden op figuren naast elkaar geplaatst om op een grafische manier de impact van een beleidsdoelstelling op het optimalisatie-algoritme van het model te illustreren.

Het Belgisch TIMES-model in combinatie met de module voor nacalculatie is inzetbaar voor Vlaamse langetermijnverkenningen. De rol van het model bestaat erin de gebruiker te ondersteunen in zijn denk- en beslissingsproces over kostenoptimale energiesystemen ter ondersteuning van maatschappelijke, economische of milieudoelstellingen. Het modelresultaat leidt de gebruiker naar de meest kostenoptimale technologiemix om aan de energievraag te voldoen. Deze kostenoptimale technologiemix is niet noodzakelijk de meest waarschijnlijke technologiemix. In die hoedanigheid is

¹ Vlaamse Energiebalans: <http://www.emis.vito.be/rapport-energiebalans-vlaanderen>

² TUMATIM: Treating Uncertainty and Risk in Energy Systems with MARKAL/TIMES

het model geen middel om voorspellingen te maken maar wel een middel om de gebruiker te leiden naar een optimale technologiestrategie om vooropgestelde doelstellingen te halen.

Summary

The Belgian TIMES model was extended with an additional module, enabling the disaggregation of Belgian model results to regional results. The resulting combination of model and additional module will facilitate long-term scenario analysis for energy consumption and greenhouse gas emissions in the Flemish region. The model was extended in a four-phased implementation consisting of an addition of CH₄ and N₂O emissions in the Belgian model, the addition of a model reporting format matching the MIRA reporting format, the disaggregation of the Belgian result to an ETS/non ETS result for Flanders, and finally the comparison of model results with historical data.

Greenhouse gas emissions for CH₄ and N₂O are incorporated in the Belgian TIMES model. Emissions related to fuel consumption are based on energy consumption multiplied by emission factors as stated in IPCC guidelines. [IPCC, 2006] Emissions unrelated to fuel consumption are based on the Belgian emission inventory. [Eionet, 2012]

The disaggregation of Belgian model results to regional results is implemented in a new module for result processing. The output of this module consists of a total -, ETS - and non ETS result for Flanders. Regional results are calculated by assigning a fixed fraction of the Belgian result to Flanders for each process in the model. The same fixed fraction is applied to energy consumption, greenhouse gas emissions and costs.

In addition to the calculation of regional results, the new module facilitates a result aggregation based on the MIRA sector aggregation. To increase model transparency the energy carriers are also aggregated in a way similar as the one used in the energy balance³ reporting for Flanders.

The use of an additional module for result processing presents some advantages and drawbacks. The advantages are: ease of integration for model extensions of the Belgian TIMES model, a good match between Belgian and Flemish results, and the possibility to change the fixed fraction for regional result allocation throughout time. The drawbacks are: dependence on the Belgian TIMES model structure, lack of options to incorporate differences between regional assumptions, practical limits to match model results to historical data, and complex result interpretation when using fixed regional fractions that change through time.

To validate the model extension two scenarios of the TUMATIM⁴ project were re-optimized with the extended model. The used scenarios are a reference scenario (no policy targets) and a low carbon scenario (policy target on CO₂ emission reduction) based on a non-elastic demand (no autonomous demand reduction).

The model result for the reference scenario was compared with historical data. Base year 2005 was compared with historical data for Belgium and Flanders in 2005. This comparison shows differences in the base year. The most prominent differences have been covered in a section on topics for further research. This should ensure increased performance of the Belgian TIMES model and its extension.

The Belgian TIMES model and its result processing module can facilitate long-term scenario analysis for the Flemish region. The model supports the users thought – and decision process in defining a cost optimal energy system to support societal, economic and environmental goals. The model result shows the user the cost optimal technology mix that services the energy demand. The cost optimal technology mix does not necessarily match the expected future technology mix. This means the model is unfit to make predictions about the future but excels at minimum-cost strategy building toward predefined goals.

³ Energy balance for Flanders: <http://www.emis.vito.be/rapport-energiebalans-vlaanderen>

⁴ TUMATIM: Treating Uncertainty and Risk in Energy Systems with MARKAL/TIMES

1. Inleiding

Het Belgisch TIMES model is een techno-economisch optimalisatie model waarin het Belgisch energie conversiepark gemodelleerd is. Het model bestaat uit een expliciete voorstelling van processen waaraan energieopwekking, -gebruik, of -omzetting verbonden is. Waar relevant zijn deze gegevens aangevuld met informatie betreffende materiaalconversies. De stromen tussen deze processen zijn een voorstelling van energie- of materiaaltransfers in de vorm van elektriciteit, warmte, koude, mechanische energie of materialen. Indien er bij de gemodelleerde energie- of materiaalconversie broeikasgassen vrij komen, worden deze ook in het model opgenomen, evenals de mitigatie-technologieën die hierop inwerken. Ten slotte zijn ook de beleidsmaatregelen en beleidsdoelstellingen met betrekking tot energie en broeikasgassen naar modelparameters vertaald.

De voorstelling van processen, energie en materialen is opgesteld vanuit technologisch standpunt. Centraal staan de technologieën met hun operationele (efficiëntie, levensduur ...) en economische parameters (investeringskost, operationele kost ...). Het resultaat van een modelberekening bestaat uit de kostoptimale keuze met betrekking tot investering in en inzet van technologieën om aan de vooropgestelde vraag naar elektriciteit, warmte, koude, mechanische energie of materialen te voldoen. Deze optimalisatie houdt rekening met gekende relevante beleidsmaatregelen en beleidsdoelstellingen. Het modelresultaat geeft antwoord op de vraag: In welke technologieën investeren we het best en wanneer zetten we deze best in, rekening houdend met beperkingen op emissies en inzet van technologieën, met als doel in de toekomst tegen minimale kost de energievraag te beantwoorden?

Het Belgisch TIMES model, en het Europees TIMES model waarvan het deel uitmaakt, werd ontwikkeld in het project NEEDS⁵ uit het zesde Europees raamwerkprogramma. [NEEDS, 2009] In 2011 werd het Belgisch TIMES model gebruikt binnen het TUMATIM⁶ project voor scenario analyse op basis van lage CO₂-emissie scenario's in 2050. [Benoot et al., 2011]

Opdat het Belgisch TIMES-model ook inzetbaar zou zijn bij langetermijnverkenningen voor energie en broeikasgasemissies in het kader van MIRA, is een verdere uitbouw van het Belgisch TIMES model noodzakelijk. Een eerste noodzakelijke aanpassing is de uitbreiding van het model met emissies van de broeikasgassen N₂O en CH₄. Ten tweede is een aanpassing van de modelrapportering voorzien waardoor deze kort aansluit bij de MIRA rapportering. Ten derde is een afleiding van Vlaamse resultaten uit Belgische resultaten aan de hand van nacalculatie gepland. Voor deze afleiding wordt een geautomatiseerde module ontwikkeld. Deze automatisering heeft tot doel modelaanpassingen in het kader van andere onderzoeksprojecten te kunnen integreren in de MIRA langetermijnverkenningen met een minimum aan inspanning. Ten slotte is een test van de hierboven vernoemde aanpassingen voorzien op een deel van de historische TUMATIM modelresultaten om de mogelijkheden van het model en de nieuw te ontwikkelen module te demonstreren.

Binnen deze studie worden de vier bovenstaande werkzaamheden met het Belgisch TIMES model uitgevoerd. In het rapport worden op transparante wijze de uitgevoerde uitbreidingen beschreven en wordt een leidraad tot het gebruik van de nieuwe modelonderdelen en modelresultaten toegevoegd. Aanvullend hierop worden de belangrijkste model functionaliteiten, en de beleidsvragen die hiermee kunnen beantwoord worden, in het rapport beschreven.

⁵ NEEDS: New Energy Externalities Development for Sustainability

⁶ TUMATIM: Treating Uncertainty and Risk in Energy Systems with MARKAL/TIMES

2. Functionaliteit van het Belgisch TIMES model

In het kader van langetermijnverkenningen op het gebied van energie en broeikasgassen biedt het Belgisch TIMES model meerdere functionaliteiten die antwoord geven op een breed gamma aan beleidsvragen. In het zevende kaderprogramma wordt momenteel de studie ATEST⁷ uitgevoerd die in detail de mogelijkheden van verschillende modellen oplijst en vergelijkt. Het Europees TIMES model wordt in deze studie mee geanalyseerd. Voor een uitgebreide functionaliteitbeschrijving is het resultaat van de ATEST modelklassering consulteerbaar. [CRES, 2011] De functionaliteitbeschrijving die hieronder volgt richt zich op de meest relevante en courante functionaliteiten voor een langetermijnverkenning binnen Vlaanderen.

Het basisopzet van het Belgisch TIMES model bestaat uit de bepaling van de kostoptimale technologiemix om aan de vooropgestelde nuttige energievraag te voldoen. Het modelresultaat is waarheidsgetrouw onder een set van economische assumpties: competitieve markten, volledige toekomstkennis en rationeel economisch gedrag. De assumptie van competitieve markten impliceert dat de waarde van een energiedrager (bvb. elektriciteit) te allen tijde gelijk is aan de opwekkingskost van de laatst gegenereerde eenheid. In economische termen stelt men dat de prijs van de energiedrager gelijk is aan de marginale kost van diezelfde energiedrager. Een individuele producent of consument van een energiedrager kan de prijs ervan niet zelf beïnvloeden en laten afwijken van de marginale kost. Volledige toekomstkennis betekent dat producenten en consumenten met volledige zekerheid de toekomstige economisch relevante parameters kennen. Voorbeelden van deze parameters zijn onder andere de kost van technologieën, prijzen van brandstoffen, efficiëntie en productiviteit van technologieën. Deze volledige zekerheid voorkomt dat niet kostoptimale keuzes worden gemaakt onder invloed van onzekerheid en het voorzichtigheidsbeginsel. Rationeel economisch gedrag resulteert in het nemen van kostenminimaliserende beslissingen bij het investeren in - en activeren van technologieën. Dit impliceert dat het model geen rekening houdt met economisch irrationeel gedrag. De werkelijke situatie op de energiemarkten is niet altijd in overeenstemming met deze economische assumpties en bijgevolg kan het modelresultaat deels afwijken van courant veronderstelde evoluties. Bovenop dit basisopzet van het TIMES model zijn er al uitbreidingen geïmplementeerd om, in de mate van het mogelijke, rekening te houden met verschillen tussen model assumpties en de realiteit. Het is immers zo dat een eigenschap van een energiemarkt mee kan opgenomen worden in het model indien ze kwantificeerbaar is. Het basisopzet in combinatie met de uitbreidingen zorgt ervoor dat een resultaat van het Belgisch TIMES model, gegeven de aangenomen parameters, een goede benadering is van de te verwachten toekomstsituatie. Gezien de methodiek niet in de tijd gebonden is blijft het resultaat ook betekenisvol voor een lange termijn horizon.

Een beschikbare uitbreiding bovenop het basisopzet van het TIMES model is de assumptie van een prijselastische nuttige energievraag. Dit betekent dat de vraag naar nuttige energie kan afnemen naargelang de energie opwekkingskosten toenemen. Anders verwoord, als de verwachte prijs van nuttige energie toeneemt, zal het verbruik van die nuttige energie afnemen. De aanname van een prijselastische nuttige energievraag is belangrijk indien grote omwentelingen in het energiesysteem verondersteld worden. Bijvoorbeeld de assumptie van een bijna CO₂ neutraal energie systeem zorgt ervoor dat de energie opwekkingskost aanzienlijk toeneemt waardoor de energievraag afneemt. Een modelresultaat waarin dit fenomeen voorkomt is waarheidsgetrouw dankzij het toepassen van prijselasticiteit van de vraag. Het gebruik van prijselasticiteit houdt echter wel een gevaar in naar interpretatie. De vraagafname leidt tot een vermindering van werkelijke uitgave voor het leveren van energiediensten waardoor het scenario schijnbaar goedkoper is. Zo een scenario impliceert echter een werkelijk minder verbruik van energiediensten. Het meer efficiënt gebruiken van energie is al expliciet opgenomen in het model en is bijgevolg al toegepast binnen de economisch rationele grenzen. De enige resulterende optie is het minder consumeren van energiediensten wat zich kan uiten in, onder andere, minder persoonsverplaatsingen, minder verwarmen/koelen van de woonst en een lager verbruik van andere comfortdiensten. In dit geval is er sprake van een waarneembaar nutverlies. Dit nutverlies kan beschreven en gekwantificeerd worden (vb. hoeveel procent er minder zal geconsumeerd worden).

⁷ ATEST: Analysing Transition Planning and Systemic Energy Planning Tools for the implementation of the Energy Technology Information System, <http://www.atest-project.eu/>

Een andere functionaliteit van het Belgisch TIMES model is de mogelijkheid om een doelgerichte langetermijnverkenning uit te voeren. De doelen die het model kan simuleren zijn, onder andere, het inzetten/niet inzetten van technologieën, het behalen van een hernieuwbare energie doelstelling, het inperken van broeikasgasemissies, het simuleren van het effect van een beleidsmaatregel en alle andere kwantificeerbare doelstelling met betrekking tot de inzet van technologieën. Het doelgericht simuleren kan vanuit twee richtingen benaderd worden: enerzijds kan je het doel opleggen en simuleren wat de daaruit voortvloeiende meerkost is en anderzijds kan je een maximale meerkost, subsidie of taks aannemen en het daaruit resulterend effect op het verbruik van primaire brandstoffen, de inzet van technologieën of de broeikasgasemissies becijferen.

Modelresultaten van het Belgisch TIMES model bevatten meer informatie dan alleen de optimale set van technologieën en de daarmee gepaard gaande uitgaven. De vorm van het wiskundig model in combinatie met de methode van optimalisatie (lineaire programmering) geeft ook informatie over de meerkost van eventuele beperkingen evenals over de verwachte meerkost indien je een niet optimale technologie zou inzetten. De waarde van een beperking wordt bepaald als de kost die kan worden uitgespaard indien de beperking minder streng zou zijn. Een voorbeeld hiervan is het opleggen van een maximaal toegelaten hoeveelheid CO₂-emissie voor Vlaanderen. Het modelresultaat geeft dan, bovenop de optimale technologiemix, ook de kost van de laatste eenheid CO₂-emissie die vermeden is. Deze kost kan ook geïnterpreteerd worden als de vergoeding die nodig is om een economisch rationele markt aan te zetten tot het beperken van de CO₂-emissie onder dit totaal plafond. De te verwachten meerkost van de inzet van een niet-optimale technologie wordt bepaald als de kosten van de inzet van een extra eenheid van de niet optimale technologie minus de uitgespaarde kosten doordat één eenheid van de optimale technologie minder wordt ingezet. De wiskundige vorm van het model met de gebruikte methode van optimalisatie geeft voor elke niet ingezette technologie automatisch deze informatie.

Samenvattend kan men stellen dat het Belgisch TIMES model een beleidsondersteunend model is dat het omvangrijke keuzeprobleem van technologieën en technologische toekomstvisies op een economisch optimale manier oplost en het resultaat op een bevattelijke manier aan de beleidsmaker rapporteert.

Er zijn ook beperkingen aan de efficiënte inzet van het Belgisch TIMES model. Hoewel voor optimalisatieoefeningen ook modelbeperkingen worden toegevoegd, is het model niet geschikt voor het becijferen van het effect van een volledig a priori verondersteld implementatiepad van technologieën. Dit vergt een buitensporige hoeveelheid aan beperkingen op de keuzevrijheid van het model. Een simulatiemodel, in tegenstelling tot een TIMES optimalisatiemodel, is beter geschikt voor deze zuivere aritmetica zonder keuzevrijheid.

Het Belgisch TIMES model is ook niet geschikt voor het voorspellen van de finale vraag naar producten of (energie)diensten. Deze worden a priori aangenomen (exogeen aangeleverd) en het optimalisatie algoritme bepaalt hoe deze vraag kostenoptimaal kan ingevuld worden door de inzet van technologieën. De vraagaanname wordt afhankelijk van de sector uitgedrukt in verschillende eenheden zoals persoonskilometers voor transport, PJ nuttige warmte voor industriële processen, PJ nuttige warmte voor verwarming van de woonst, etc. Het model berekent dan zelf welke finale energievraag met die vraag naar producten en (energie)diensten overeenstemt binnen de gestelde context. Dit finale energieverbruik vloeit immers voort uit de technologiekeuze die het optimalisatie algoritme maakt en is bijgevolg onderdeel van het modelresultaat. Het Belgisch TIMES model biedt ook de mogelijkheid om een optimalisatie uit te voeren onder de assumptie van een prijselastische vraag. In dit geval wordt de aanname over de vraag nog bijgesteld afhankelijk van de marginale kost van het materiaal of de dienst die gevraagd wordt. Onder de assumptie van prijselastische vraag bestaat er wel een zekere voorspellingswaarde aan het modelresultaat te hechten. Dit laatste wel met de nuance dat de prijselasticiteit exogeen wordt opgelegd is en niet het resultaat is van bijvoorbeeld een modelendogene regressie.

3. Bijkomende functionele vereisten voor toekomstverkenningen

Het Belgisch TIMES model werd in 2011 ingezet voor scenario analyse binnen het TUMATIM project (lage CO₂-emissie scenario's in 2050). [Benoot et al., 2011] In deze versie ontbreken nog belangrijke facetten voor toekomstverkenningen binnen MIRA.

3.1. Uitbreiding broeikasgassen

De broeikasgasrapportering van het Belgisch TIMES model bestaat alleen uit CO₂-emissies en bevat geen andere broeikasgassen. Voor de toekomstverkenning zijn ook N₂O-, CH₄- en F-gas-emissies van belang. Binnen deze studie worden N₂O- en CH₄-emissies opgenomen in het model. F-gas-emissies worden niet opgenomen in het model. F-gas-emissies zijn minder afhankelijk van het brandstofverbruik terwijl het model in hoofdzaak bestaat uit brandstofgerelateerde activiteiten. Bijgevolg zijn de relevante activiteiten voor de bepaling van F-gas-emissies niet opgenomen in het model. Het model is dan ook niet bruikbaar voor de inschatting van toekomstige F-gas-emissies.

3.2. Afstemming van model rapportering op MIRA rapportering

MIRA maakt voor de rapportering van energieverbruik en broeikasgasemissies gebruik van een activiteitindeling. Zowel de indeling voor energieverbruik als die voor broeikasgasemissies is op vier niveaus gedefinieerd: sector, deelsector, activiteit en deelactiviteit. Beide indelingen vertonen onderlinge verschillen op de detailniveaus 'activiteit' en 'deelactiviteit'.

Om overeenstemming met de MIRA indeling voor energierapportering te bekomen wordt het modelresultaat van het Belgisch TIMES model gelijkaardig ingedeeld. Bijkomend wordt een indeling van energiedragers toegevoegd om een transparante en betekenisvolle rapportering van modelresultaten mogelijk te maken.

De indeling van het modelresultaat gebeurt door nacalculatie in een geautomatiseerde module in Microsoft Access. De keuze voor nacalculatie is gebaseerd op een beoogde compatibiliteit van het MIRA model met andere toepassingen van het Belgisch TIMES model. De toevoeging van een geautomatiseerde nacalculatie module laat toe met minimale inspanning het resultaat te verwerken terwijl modeluitbreidingen snel kunnen worden opgenomen. De keuze voor nacalculatie impliceert wel dat de modelstructuur onderhevig is aan de keuzes voor structurele (TIMES-)modeluitbreiding in andere studies.

3.3. Regiospecifieke modelaannames

In de opdracht is een module voor regiospecifieke invoer opgenomen om op die manier afwijkende aannames toe te laten voor Vlaanderen, Wallonië en Brussel. Het gebruik van regiospecifieke invoerparameters biedt echter alleen voordelen indien processen met hun keuzevariabelen ook regiospecifiek worden gemodelleerd. Dit komt in de praktijk neer op het bouwen van een Vlaams TIMES model. De uitbouw van een afzonderlijk TIMES model voor Vlaanderen is tijd- en budgetintensief en valt buiten het objectief van het huidig MIRA O&O-onderzoek. Bovendien zou het up-to-date houden van modelaannames bij een afzonderlijk Vlaams model los staan van werkzaamheden aan het Belgisch model waardoor dit een aanzienlijke wederkerende budgettaire impact zou hebben. Door het gebruik van nacalculatie op Belgische resultaten in plaats van een afzonderlijk Vlaams model wordt het modelonderhoud voor onderzoeksprojecten met het Belgisch model automatisch mee opgenomen in toekomstige onderzoeksprojecten voor Vlaanderen.

Bovendien kunnen Vlaamse aannames, in zoverre ze afwijken van Belgische aannames, mee opgenomen worden in het model als algemeen Belgische aannames. Op deze manier worden de aannames voor alle regio's binnen het Belgisch model van kracht maar gezien het niet de bedoeling is Waalse of Brusselse gegevens te rapporteren, is een afwijking daar irrelevant.

In praktijk levert het afzien van specifiek Vlaamse parameters een budgettair voordeel op met slechts een kleine potentiële afwijking op het modelresultaat.

3.4. Regiospecifieke modelresultaten

Het Vlaamse modelresultaat wordt door nacalculatie op basis van het Belgisch modelresultaat berekend. Verdeelsleutels voor toepassing op het Belgisch modelresultaat worden op historische gegevens gebaseerd en waar nodig aangepast aan verwachte toekomstige verschuivingen. De methodiek voor nacalculatie wordt opgenomen in de nieuwe module zoals beschreven wordt in het hoofdstuk over de module voor resultaatverwerking.

3.5. Opdeling van het modelresultaat op basis van het ETS⁸

Het Vlaams resultaat wordt opgedeeld naar een ETS - en een niet-ETS gerelateerd resultaat. De methodiek voor nacalculatie wordt mee opgenomen in de nieuwe module zoals deze beschreven wordt in het hoofdstuk over de module voor resultaatverwerking.

⁸ ETS: EU Emission Trading Scheme (http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/documentation_en.htm)

4. Uitbreiding broeikasgassen

Binnen deze studie worden N₂O- en CH₄-emissies toegevoegd in het Belgisch TIMES model.

Brandstofgerelateerde en niet brandstofgerelateerde N₂O- en CH₄-emissies worden op verschillende wijze gemodelleerd. De brandstofgerelateerde emissies worden met een emissiefactor gekoppeld aan de hoeveelheid verbruikte brandstof. Doordat het model de gebruikte hoeveelheid brandstof optimaliseert zijn deze emissies ook een resultaat van de modeloptimalisatie. Niet brandstofgerelateerde emissies worden aan de activiteitsgraad van toegevoegde fictieve processen gekoppeld. De activiteitsgraad van deze processen wordt door een exogene groeivoet gestuurd. Bijgevolg zijn deze emissies volledig door exogene aannames gedreven en niet het resultaat van een optimalisatie. Een technische beschrijving van modelwijzigingen is opgenomen in *bijlage 5: Belgisch TIMES model – uitbreiding broeikasgassen*.

Emissiefactoren voor brandstofgerelateerde N₂O- en CH₄-emissies zijn gebaseerd op verschillende informatiebronnen. De standaardaanname voor de emissiefactor is gebaseerd op een emissiefactor per brandstoftype en per sector zoals opgegeven in de 2006 IPCC richtlijnen voor de nationale broeikasgasinventaris van stationaire verbranding [IPCC, 2006]. Voor niet stationaire bronnen in de transportsector is er gebruik gemaakt van een berekende emissiefactor voor België op basis van E-MOTION modelresultaten voor 2010. Bij deze niet stationaire bronnen is er gekozen voor een afwijking van IPCC richtlijnen omdat een modelresultaat op basis van IPCC richtlijnen te ver zou afwijken van gerapporteerde emissies in de Belgische emissie inventaris.

De niet brandstofgerelateerde N₂O- en CH₄-emissies zijn gebaseerd op de Belgische emissie inventaris van 2005. [Eionet, 2012] De waarde voor het jaar 2005 is opgenomen om consistent te blijven met basisjaar 2005 in het model.

Tabel 1: Gegevensbronnen CH₄- en N₂O-emissies

Emissie		Gegevensbron
Brandstofgerelateerde	stationair	2006 IPCC richtlijnen
	niet-stationair	E-MOTION
Niet brandstofgerelateerde		Belgisch NIR 2012 voor jaar 2005

Bron: VITO (2012)

5. Module voor resultaatverwerking

De nieuwe modelontwikkelingen met betrekking tot de indeling van TIMES processen en energiedragers, de afleiding van Vlaamse uit Belgische modelresultaten en de uitsplitsing van ETS en niet-ETS processen, worden ondergebracht in een nieuwe module bij het Belgisch TIMES model. Onderstaand wordt de functionaliteit van deze module besproken alsook de technische uitwerking.

5.1. Afstemming van model rapportering op MIRA rapportering

Het Belgisch TIMES model bestaat uit een set van processen (technologieën) en energiedragers (brandstof, elektriciteit, etc.). Om het modelresultaat op een bevattelijke manier te aggregeren worden processen toegewezen onder de energiegerelateerde sectorindeling voor MIRA en de energiedragers in een energie-indeling zoals gebruikt in de Vlaamse Energiebalans⁹.

De gebruikte indeling is opgenomen in een nieuwe module. Binnen deze module wordt het modelresultaat van het Belgisch TIMES model ingedeeld (sectoren, energiedragers) en vervolgens uitgesplitst naar Vlaamse resultaten. Ten slotte wordt het Vlaams resultaat verder verdeeld naar ETS gerelateerde activiteiten en niet-ETS gerelateerde activiteiten. De nieuwe module laat toe de resultaatverwerking snel, efficiënt en op een consistente wijze uit te voeren. Bovendien zorgt de nieuwe module ervoor dat modeluitbreidingen aan het Belgisch TIMES model makkelijk over te nemen zijn voor Vlaamse toekomstverkenningen. Een nadeel van nacalculatie is dat de verdeling tussen Vlaanderen/België en ETS/niet-ETS wordt vastgelegd door aannames en dat de verdeling zelf niet geoptimaliseerd wordt. Bijkomend laat de combinatie van verdeelsleutels en het detailniveau van het model van het model geen exacte reconstructie van historische gegevens toe. Voor de verdere toekomstjaren zal het optimalisatie algoritme wel belangrijke inzichten verschaffen.

5.1.1. Processen

De gebruikte sectorindeling wijkt deels af van de MIRA indeling. Deze afwijking is noodzakelijk om de technologische focus van het Belgisch TIMES model te kunnen plaatsen in de sectorale focus van de MIRA indeling. Zo zijn sommige technologieën niet expliciet verdeeld over sectoren en bijgevolg kan de sectorindeling van MIRA hiervoor niet toegepast worden. Bijkomend voorziet het model in de verdere zichtjaren de ontwikkeling van nieuwe activiteiten wat een uitbreiding van het aantal deelsectoren noodzaakt.

De proces indeling voor het TIMES model bestaat uit drie niveaus: sector, deelsector en activiteit. Hierbij volgt per sector een overzicht van de belangrijkste verschillen tussen de aangehouden sectorindeling in het TIMES model en de MIRA energiegerelateerde sectorindeling. Een volledig overzicht wordt gegeven in *bijlage 1: sectorindeling MIRA vs. TIMES*.

Andere

Deze sector is alleen in de TIMES indeling aanwezig en bevat ingaande en uitgaande brandstof - en materiaal stromen voor België. In het model worden brandstoffen eerst in hun totaliteit geïmporteerd en vervolgens over de verschillende sectoren verdeeld. Import -, export - en mining technologieën zorgen voor de ingaande en uitgaande stromen.

De activiteit *Brandstofomzetting* bestaat uit technologieën die van de totale pool geïmporteerde energie afnemen en ze vervolgens aan sectoren toewijzen. Deze technologieën komen ook in de specifieke sectoren voor om de verdeelde energie op te nemen in de sector.

Sector *Andere* bestaat voor de rest uit modeltechnische processen.

⁹ Vlaamse Energiebalans: <http://www.emis.vito.be/rapport-energiebalans-vlaanderen>

Energie

De deelsector *elektriciteit & warmte* is in de TIMES indeling uitgebreid met een meer gedetailleerd activiteitsniveau voor hernieuwbare energie en brandstofcellen. De activiteit *warmteproductie* omvat ook warmtenetten.

WKK installaties zijn uitgesplitst naar de sectoren waar ze aanwezig zijn. Een deel WKK's is niet opsplitsbaar omdat het model toelaat hun warmte in verschillende sectoren te gebruiken.

De deelsector *bioraffinaderijen* laat toe om een duidelijk onderscheid te maken tussen raffinaderijen gebaseerd op fossiele grondstoffen en nieuw op te zetten bioraffinaderijen.

Waterstof in de TIMES indeling als aparte deelsector bij energie toegevoegd om een opkomende waterstof economie duidelijk te identificeren.

Niet-zelfstandige cokesovens worden bij de sector ijzer en staal opgenomen en niet bij overige energiebedrijven, dus afgestemd op de benadering die MIRA zelf hiervoor aanhoudt.

De activiteit *Andere emissies – Aardgas* is een voorstelling van niet-brandstof gerelateerde emissies die voortkomen uit aardgastransport. Indien er zich gelijkaardige emissies voordoen in andere sectoren, wordt dezelfde naamconventie gevolgd.

Handel en diensten

In de MIRA indeling is bij handel en diensten een deelsector niveau gebruikt dat niet identificeerbaar is in het TIMES model. Anderzijds is in de TIMES indeling wel een gedetailleerd activiteitsniveau beschikbaar. De indeling op activiteitsniveau is gebaseerd op de functionele inzet van de gebruikte energie.

Huishoudens

De MIRA indeling voorziet geen verdere onderverdeling voor huishoudens. Naar analogie met handel en diensten is in de TIMES indeling voor huishoudens wel een gedetailleerd activiteitsniveau beschikbaar.

Bij de activiteitindeling voor huishouden is de activiteit *isolatie* opgenomen. Deze activiteit staat voor isolatie van de gebouwschil. De processen die hiervoor zijn opgenomen in het model zijn naar interpretatie afwijkend van de meeste andere processen. Normaal neemt een proces materialen of energiedragers op en converteert deze naar andere energiedragers of materialen. Bij huishoudens komt dit bijvoorbeeld neer op een aardgasketel die aardgas converteert naar warmte. De isolatieprocessen zijn processen die wel warmte leveren maar ze nemen geen energiedragers op. Er is een kost toegewezen aan hun warmte levering die overeenkomt met de aankoop en plaatsing van isolatie. Hierdoor zal het optimalisatie algoritme isolatietechnologieën pas warmte laten leveren zodra dit voordeliger is dan warmte leveren met een verwarmingsketel. De keuze voor isolatie of geen isolatie blijft dus optimaal. Doordat isolatie warmte levert in plaats van de warmtevraag te doen dalen, is wel enige omzichtigheid geboden bij de interpretatie van de totale geleverde warmte in de huishoudelijke sector. Bij de rapportering van modelresultaten wordt hier rekening met gehouden.

Industrie

Niet-zelfstandige cokesovens zijn opgenomen onder de sector ijzer en staal.

Bij industrie bevat de TIMES indeling een deelsector *koolstofopslag* om een potentieel nieuwe koolstofindustrie duidelijk te rapporteren. Deze deelsector bevat transport, opslag en opwerking van CO₂.

De deelsectoren *textiel, voeding, metaalverwerking* en *overige industrie* zijn niet afzonderlijk gemodelleerd in TIMES en zijn bijgevolg mee opgenomen onder de deelsector andere industrieën.

De TIMES indeling heeft geen resterend energieverbruik zoals in de MIRA indeling deelsector *niet verder opsplitsbaar*. Alle verbruiken zijn verdeeld over sectoren.

De activiteit *andere industrieën – niet opsplitsbaar* bevat processen uit de niet benoemde sectoren. De activiteit *industrie – niet opsplitsbaar* daarentegen bevat modeltechnische processen. Deze modeltechnische processen zijn noodzakelijk voor de goede werking van het model maar stellen geen werkelijk bestaande processen voor.

Het niet-energetisch verbruik van brandstoffen is opgenomen als activiteit *Niet-energetisch*. Dit komt voor bij *Chemie* en *Andere Industrieën*. Het niet-energetisch brandstofverbruik loopt gelijk met de verwachte groei in de sector. Deze aanname wordt exogeen opgelegd.

Landbouw

Bij landbouw ontbreekt de indeling naar deelsectoren in de TIMES modellering. Bijgevolg is er bij landbouw geen deelsector indeling uitgezonderd de toevoeging van CO₂ opslag in bosbouw. Deze laatste is expliciet opgenomen als een mogelijkheid tot koolstofopslag.

WKK's in de landbouw sector zijn niet specifiek opgenomen in het model maar zitten vervat in de energiesector.

Het energieverbruik in de Landbouw sector is dus volledig opgenomen in het model maar wordt op een geaggregeerde manier gerapporteerd.

Transport

De sector transport is ingedeeld in deelsectoren zoals in de MIRA indeling. Op activiteitsniveau is er een verdere opsplitsing op basis van de transportmodus.

5.1.2. Energiedragers

Energiedragers worden in de rapportering geaggregeerd op een niveau dat vergelijkbaar is met de Vlaamse Energiebalans. De hoofdindeling bestaat uit energiecategorieën die op hun beurt verder verdeeld worden in energiesoorten.

Zowel bij energiecategorieën als energiesoorten zijn er enkele toevoegingen en uitsplitsingen ten opzichte van de Vlaamse Energiebalans. Deze aanpassingen zijn gedaan om de resultaten voor toekomstige zichtjaren een hogere informatieve waarde te geven. Hierbij volgt een overzicht van de gebruikte indeling. Een volledig overzicht is opgenomen in bijlage 2: Energie indeling TIMES.

Energiecategorie activiteit groepeert fictieve energiedragers. Ze stellen geen echte energiedrager voor maar zijn noodzakelijk voor een goede modelwerking.

Niet biologisch afval is als aparte energiecategorie opgenomen. Biologisch afval is ondergebracht bij biomassa.

De energiecategorie biomassa is uitgesplitst naar de stoffase: vast, vloeibaar of gas. Bovendien is er een energiesoort gedefinieerd die bestaat uit een mix van verschillende biomassa stromen. In het model worden verschillende biomassa vormen afzonderlijk behandeld tot ze door processen voor brandstofomzetting aan een sector worden toegewezen. Vanaf dat moment valt in sommige gevallen het onderscheid weg en is er sprake van een biomassa mix.

Hernieuwbare energie is expliciet opgenomen en uitgesplitst naar verschillende vormen zoals onder andere wind en zon. Deze energievorm heeft geen kost maar wordt opgenomen om de energiewaarde en omvang te inventariseren. Voor deze energiedragers wordt een omzettingsrendement van 100 % aangenomen.

Energiecategorie kolen bestaat uit de verschillende vormen van kolen.

Opgewekte koude in koelinstallaties is opgenomen als afzonderlijke energiecategorie.

Nucleaire brandstof verzamelt de brandstoffen voor nucleaire centrales. Het veronderstelde netto omzettingsrendement van nucleaire warmte naar elektriciteit bedraagt in het basisjaar 33,41 %. Het Belgisch TIMES model biedt ook de mogelijkheid om in meer performante installaties (36 % en 38 %) te investeren maar deze mogelijkheid wordt in de gebruikte scenario's uitgesloten omwille van beleidsmaatregelen.

Petro producten bevat alle afgeleide aardolieproducten

Warmte is een groepering van lage en hoge temperatuur warmte. Deze wordt zowel voor ruimteverwarming als voor industriële processen gebruikt.

Waterstof is als aparte energiecategorie opgenomen in tegenstelling tot de energiebalans waar waterstof als andere brandstof geklasseerd is. Op deze manier is het mogelijk een sterke toename van waterstofverbruik in de verdere zichtjaren transparant te rapporteren.

5.2. Regiospecifieke modelresultaten

Door middel van toepassing van een verdeelsleutel wordt het Vlaams modelresultaat uit het Belgisch modelresultaat afgeleid.

5.2.1. Methodologie

De verdeelsleutel wordt op procesniveau toegepast en dat voor alle aan het proces gerelateerde gegevens. De gerelateerde gegevens zijn bijvoorbeeld energieverbruik, emissies, etc. De toewijzing van verdeelsleutels aan het groot aantal processen gebeurt op basis van een getrappt toewijzingssysteem. De module ondersteunt de geaggregeerde toewijzing van een verdeelsleutel op activiteitsniveau¹⁰. Vervolgens wordt de verdeelsleutel toegepast voor elk proces dat tot die activiteit behoort. Bijkomend is het mogelijk om een processpecifieke verdeelsleutel toe te wijzen. Een toegewezen processpecifieke verdeelsleutel krijgt voorrang op de verdeelsleutel op activiteitsniveau.

Voor sommige processen is het mogelijk dat de verdeelsleutel Vlaanderen/België in de tijd wijzigt omwille van veranderende regelgeving, economische situatie, etc. Deze mogelijkheid wordt ondersteund in de module door middel van startjaar bij elke verdeelsleutel. Bij de resultaatberekening wordt de verdeelsleutel gekozen waarvan het jaar van toepassing voor het jaar van het modelresultaat ligt. Indien er onder dat criterium meerdere verdeelsleutels in aanmerking komen, wordt diegene gekozen die er het kortst bij aansluit.

Ter verduidelijking van bovenstaande logica een fictief voorbeeld van een proces.

Belgisch modelresultaat energieverbruik proces:

- 2015: 4 PJ
- 2020: 3,5 PJ
- 2030: 1,5 PJ

Verdeelsleutel Vlaanderen/België:

- 2010: 90 %
- 2017: 92 %

Afgeleid Vlaams modelresultaat:

- 2015: $4 \text{ PJ} * 90 \% = 3,6 \text{ PJ}$ (verdeelsleutel 2010 ligt in de tijd voor 2015)
- 2020: $3,5 \text{ PJ} * 92 \% = 3,22 \text{ PJ}$ (verdeelsleutel 2010 en 2017 liggen beiden voor 2020 en verdeelsleutel 2017 ligt het kortst bij 2020)
- 2030: $1,5 \text{ PJ} * 92 \% = 1,38 \text{ PJ}$ (verdeelsleutel 2010 en 2017 liggen beiden voor 2030 en verdeelsleutel 2017 ligt het kortst bij 2030)

Een nadeel van deze methodologie is dat de evolutie van een technologie anders kan verlopen in het Vlaams modelresultaat dan in het Belgisch modelresultaat. De inzet van een proces in België kan stijgen terwijl de berekende inzet in Vlaanderen daalt omdat de verdeelsleutel daalt. Het omgekeerde verschil is ook mogelijk. Om modelresultaten over de jaren te vergelijken is het adviseerbaar om verdeelsleutels alleen te wijzigen als er effectief een gegronde reden is om te veronderstellen dat de evolutie in Vlaanderen zou kunnen afwijken van de evolutie in België.

¹⁰ Zoals eerder besproken bestaat de indeling van processen uit drie niveaus: sector, deelsector en activiteit. De volledige indeling is terug te vinden in *bijlage 3: sectorindeling TIMES*.

Hierbij een fictief voorbeeld om de invloed van een wijzigende verdeelsleutel op de tendens Vlaanderen ten opzichte van de tendens België te illustreren.

Belgisch modelresultaat elektriciteitsproductie WKK:

- 2010: 52 PJ
- 2020: 54 PJ

Verdeelsleutel Vlaanderen/België:

- 2010: 85 %
- 2017: 75 %

Afgeleid Vlaams modelresultaat:

- 2010: $52 \text{ PJ} * 85 \% = 44,2 \text{ PJ}$
- 2020: $54 \text{ PJ} * 75 \% = 40,5 \text{ PJ}$

Uit het bovenstaande voorbeeld wordt duidelijk dat een opwaartse evolutie in het Belgisch modelresultaat met een veranderende verdeelsleutel vertaald wordt naar een neerwaartse evolutie in het afgeleid Vlaams modelresultaat.

Samenvattend verloopt het berekenen van regiospecifieke modelresultaten volgens volgende stappen:

1. Definieer verdeelsleutel Vlaanderen/België per activiteit en dit eventueel met verschillende varianten
2. Ken één of meerdere varianten van de verdeelsleutel per activiteit toe aan de daaraan toegewezen processen. Bij deze toewijzing bepaalt de gebruiker ook het startjaar vanaf wanneer de verdeelsleutel op procesniveau van toepassing is.
3. Ken indien gewenst uitzonderingen toe op de verdeelsleutel op procesniveau. Deze toekenning overschrijft de toekenning van de verdeelsleutel op activiteitsniveau voor het relevant proces.
4. De verdere rekenlogica in de module kent de juiste verdeelsleutel op procesniveau toe aan de modelresultaten voor het relevante proces op basis van het jaar waarop de verdeelsleutel van toepassing is en het jaar waarvoor het modelresultaat staat.

5.2.2. Verdeelsleutels

De gebruikte verdeelsleutels Vlaanderen/België zijn gebaseerd op de verhouding tussen het energieverbruik in Vlaanderen en België volgens de informatiebronnen die hieronder beschreven worden.

Momenteel zijn verdeelsleutels Vlaanderen/België opgenomen voor 2010 en 2017. De verdeelsleutels 2010 zijn gekozen omdat dit het meest recente jaar is waarvoor historische gegevens beschikbaar zijn. De keuze voor 2017 is genomen omdat indicatoren die verantwoordelijk kunnen zijn voor een verandering van de verdeling Vlaanderen/België tot 2017 beschikbaar zijn. Zoals bij de bespreking van de verdeelsleutels voor 2017 verduidelijkt wordt, zijn deze indicatoren afkomstig uit het HERMREG model in beheer van het Federaal Planbureau.¹¹ In theorie kan voor elk modeljaar of voor eender welke combinatie van modeljaren verdelingen worden aangenomen. Bij de inzet van het model voor toekomstverkenningen wordt dit beslist bij de a priori model aannames. Om de mogelijkheden te

¹¹ HERMREG model met regionale vooruitzichten:
http://www.plan.be/publications/Publication_det.php?lang=nl&TM=30&IS=63&KeyPub=1148

demonstreren wordt in de huidige modelaanpassingen één verschuiving van de verdeelsleutels Vlaanderen/België in 2017 opgenomen.

Verdeelsleutels 2010

De waarde van verdeelsleutels Vlaanderen/België voor 2010 is vastgesteld op basis van verschillende informatiebronnen. Het gebruik van meerdere bronnen is noodzakelijk omdat het benodigde detailniveau niet in één bron beschikbaar is en omdat voor sommige toekomstige technologieën onvoldoende historische gegevens beschikbaar zijn. In bijlage 6 wordt een volledig overzicht van de gebruikte verdeelsleutels per activiteit gegeven. Zoals hierboven in het methodologisch stuk beschreven, wordt een verdeelsleutel gebruikt vanaf het startjaar van die verdeelsleutel totdat er een nieuwe verdeelsleutel wordt opgegeven.

De Belgische emissie inventaris 2012 voor jaar 2010 is gebruikt voor de verdeling Vlaanderen/België 2010 bij processen met een energieverbruik uitgezonderd elektriciteitsproductie [Eionet, 2012].

IEA - Eurostat – UNECE energierapportering¹² voor jaar 2010 is gebruikt voor de verdeling Vlaanderen/België 2010 bij elektriciteitsproductie.

Het rapport van de Belgische emissie inventaris 2012 voor jaar 2010 is gebruikt voor de verdeling Vlaanderen/België 2010 van afvalverbranding met energierecuperatie op basis van afvalvolumes.

Het oppervlak Vlaanderen ten opzichte van België is gebruikt om het geothermisch potentieel te verdelen. Enhanced Geothermal Systems zijn niet gebonden aan een specifieke grondlaag samenstelling. De benodigde ondergrondse fracturen worden kunstmatig aangebracht en zijn bijgevolg theoretisch haalbaar in gans België.

De niet verbrandingsgerelateerde CH₄- en N₂O-emissies zijn verdeeld op basis van de MIRA gerapporteerde emissies voor CH₄ en N₂O voor jaar 2010 ten opzichte van de Belgische emissies volgens de emissie inventaris van 2012 voor jaar 2010.

Voor sommige processen is geen opdeling mogelijk naar Vlaamse resultaten omwille van de modelstructuur en de inconsistenties in resultaten dat dit met zich zou meebrengen. Deze processen zijn eerder modeltechnisch van aard en niet cruciaal voor de rapportering van energie en broeikasgassen. Een voorbeeld van zo een proces zijn de processen voor brandstoftoewijzing¹³ aan de sectoren.

Verdeelsleutels 2017

De verdeelsleutels Vlaanderen/België zijn voor 2017 in hoofdzaak bepaald door de verdeelsleutels voor 2010, gecorrigeerd met een factor op basis van toekomstindicatoren. In theorie zijn verschillende indicatoren te onderscheiden voor de verschillende sectoren. De vereisten voor deze gegevens zijn echter van die aard dat er in praktijk minder keuze is aan bruikbare indicatoren. De indicator moet op een consistente manier gegevens tonen voor de gewesten afzonderlijk en bovendien moet de indicator in de toekomst hernieuwbaar en beschikbaar zijn. Binnen dit project werd gebruik gemaakt van twee indicatoren met voorzieningen voor een derde indicator bij beschikbaarheid.

Een eerste indicator is de verwachte economische groei uitgedrukt in bruto toegevoegde waarde tegen basisprijzen in volume¹⁴. Deze cijferreeks is gepubliceerd door het Federaal Planbureau voor 1995-2017 op basis van berekeningen met het HERMREG model. Deze indicator werd gebruikt om de verhouding Vlaanderen/België van 2010 te corrigeren naar 2017 voor activiteiten in industrie, energie, handel en diensten, en landbouw.

¹² FOD economie

¹³ In het Belgisch TIMES model zijn deze technologieën herkenbaar aan de beschrijving *fuel tech*

¹⁴ Economische vooruitzichten MLT (2012-2017) – Statistische bijlage:
<http://www.plan.be/databases/Databases.php?lang=n&TM=48&IS=60>

Een tweede indicator is de verwachte demografische evolutie per gewest. Het Federaal Planbureau publiceert bevolkingsvooruitzichten van 2010 tot 2060.¹⁵ Deze bevolkingsvooruitzichten zijn gebruikt om de verhouding Vlaanderen/België van 2010 te corrigeren naar 2017 voor de residentiële sector.

De derde indicator was nog niet beschikbaar op het moment van modellering. Het betreft de transportvooruitzichten voor België tegen 2030 door het Federaal Planbureau.¹⁶ De publieke voorstelling van de resultaten is gepland op 18 September 2012. De exacte vorm van de gegevens is op het moment van schrijven nog niet beschikbaar maar de achterliggende modellering zou gebaseerd zijn op gewestelijke gegevens en bijgevolg bruikbaar zijn als indicator om de activiteitsverhouding Vlaanderen/België te bepalen.

Ten slotte zijn er enkele activiteiten waarvan de toekomstige verdeelsleutel Vlaanderen/België niet gebaseerd is op gegevens uit 2010 met een indicator correctie. Zonenergie en windenergie onshore zijn beiden gebaseerd op technische potentiëlen gebaseerd op aannames uit een tussentijdse versie van het rapport voor de backcasting studie 2050 100 % hernieuwbaar¹⁷. De verdeling Vlaanderen/België is te vertekend in 2010 door het opkomend karakter en regionale steunmechanismen om een goed uitgangspunt te vormen voor een verdeling in de toekomst.

¹⁵ Bevolking per gewest en leeftijd, op 1 januari:

http://www.plan.be/databases/database_det.php?lang=nl&TM=30&IS=60&DB=DEMOG11&ID=35

¹⁶ Colloquium : Voorstelling van de nieuwe transportvooruitzichten voor België tegen 2030:

http://www.plan.be/press/event_det.php?lang=nl&TM=27&IS=68&KeyPub=24

¹⁷ Tussentijdse versie "Etude Backcasting 100 % renouvelables en 2050 en Belgique"

5.3. Uitsplitsing van ETS en niet-ETS processen

De berekende Vlaamse modelresultaten worden verder opgedeeld in processen die onder het ETS of niet onder het ETS vallen. Deze verdeling is mee opgenomen in de module voor nacalculatie van sectorindeling, energie indeling en berekening van Vlaamse resultaten. Er wordt een verdeelsleutel ETS/niet-ETS toegepast op het Vlaams resultaat.

5.3.1. Methodologie

De methodologie voor verdeling van het Vlaams resultaat in ETS en niet-ETS is dezelfde als voor de berekening van het Vlaams resultaat uit het Belgisch resultaat. Een verdeelsleutel wordt op activiteit - of procesniveau gedefinieerd en volgt dezelfde toepassinghiërarchie op procesniveau als bij de berekening van het Vlaams resultaat. Voor de ETS verdeling kan ook een evolutie door de tijd gebruikt worden met hetzelfde nadeel voor vergelijkbaarheid door de jaren van het modelresultaat. Voor een uitgebreide beschrijving wordt verwezen naar het hoofdstuk over de regio-specifieke modelresultaten.

5.3.2. Verdeelsleutels

De gebruikte verdeelsleutels ETS/niet-ETS zijn gebaseerd op de verhouding tussen het energieverbruik in ETS sectoren en niet-ETS sectoren volgens de informatiebronnen die hieronder beschreven worden.

Momenteel zijn verdeelsleutels ETS/niet-ETS opgenomen voor de jaren 2010 en 2013. De verdeelsleutels in 2010 zijn gebaseerd op de huidige situatie terwijl de verdeelsleutels 2013 in de mate van het mogelijke reeds rekening houden met de uitbreiding van het ETS in de 3^{de} handelsperiode. Er wordt bij de verdeling ETS/niet-ETS geen rekening gehouden met een wijziging van de verdeling door een verandering van activiteitenmix in Vlaanderen. Bijgevolg is het niet noodzakelijk om indicatoren te definiëren die de verdeling in de toekomst beïnvloeden.

Een volledig overzicht van de verdeelsleutels ETS/niet-ETS is terug te vinden in bijlage 7.

Verdeelsleutels 2010

De verdeling tussen ETS en niet-ETS processen voor activiteiten is in hoofdzaak gebaseerd op historische energie gegevens in het MIRA onderzoeksrapport MIRA/2010/02 [Cuypers et al., 2010] en de daarop volgende actualisatie voor het energie verbruik in 2010. De gebruikte verdeelsleutels zijn afgestemd op de 2^{de} handelsperiode van het ETS 2008-2012.

De verdeling ETS/niet-ETS voor WKK en zelfproducenten is onvoldoende gedetailleerd aanwezig in het MIRA onderzoeksproject en bijgevolg zijn hiervoor andere informatiebronnen gebruikt. Voor de verdeelsleutel van WKK installaties werd gebruik gemaakt van de inventaris duurzame energie in Vlaanderen 2010 [Jespers K. et al., 2011]. De energie gegevens in deze studie werden gebruikt met de assumptie dat STEG installatie onder het ETS vallen en motoren niet onder het ETS vallen. Verdeelsleutels voor zelfproducenten zijn gebaseerd op gegevens in de WKK inventaris voor 2010.

Ten slotte zijn er ook nog activiteiten waar per definitie geen ETS processen toe behoren. Deze worden met de verdeelsleutel volledig als niet-ETS ingedeeld.

Verdeelsleutels 2013

Voor de 3^{de} handelsperiode in 2013 wordt de ETS/niet-ETS verdeling verder uitgebreid met luchtvaart. Er zijn nog andere uitbreidingen in de 3^{de} handelsperiode die niet mee zijn opgenomen omdat er momenteel nog onvoldoende¹⁸ gegevens beschikbaar zijn over de impact op de verdeling ETS/niet-ETS in energetische eenheden. [EU, 2003] [EU, 2009] De niet opgenomen wijzigingen bestaan voornamelijk uit procesgerelateerde industriële CO₂-emissies en een beperkte set van industriële

¹⁸ Met deze stelling wordt bedoeld dat er geen cijfermatige vergelijking bestaat. Het wetgevende kader is beschikbaar, maar dan niet doorgerekend als een voorspelling.

N₂O-emissies. Deze aanpassingen kunnen later verwerkt worden in verdeelsleutels zodra meer gegevens beschikbaar zijn.

5.4. Argumentatie voor keuze van methodologie verdeelsleutels

In bovenstaande bespreking van verdeelsleutels Vlaanderen/België en ETS/niet-ETS wordt gebruik gemaakt van energieverbruik gegevens. Deze verdeelsleutels worden vervolgens voor alle modelresultaten gebruikt op het niveau van processen. Op basis van deze observatie kan de vraag gesteld worden of het niet beter is om andere verdeelsleutels voor bijvoorbeeld emissie modelresultaten te gebruiken. Immers indien de brandstof mix voor een proces in Vlaanderen anders is dan in Wallonië, dan zal de resulterende CO₂-emissie per PJ brandstof anders zijn in Vlaanderen dan in Wallonië. De huidige methodologie met één verdeelsleutel per verdeling per proces per periode houdt hier geen rekening mee.

Voorafgaand aan de keuze van de huidige methodologie zijn de alternatieven ook bekeken. Deze leiden echter tot inconsistente modelresultaten en/of zijn technisch niet uitvoerbaar.

De alternatieven zijn:

1. Verdeelsleutel per verdeling per proces per periode [gekozen oplossing];
2. Verdeelsleutel per verdeling per proces per variabele per periode [inconsistent];
3. Verdeelsleutel per verdeling per soort van modelresultaat per variabele per proces per periode [inconsistent en technisch niet uitvoerbaar].

De alternatieven worden hierbij verder toegelicht met een argumentatie voor hun (on)geschiktheid. Om de bespreking te voeren is het noodzakelijk om eerst de modelstructuur toe te lichten.

5.4.1. Modelstructuur

De modelstructuur van het Belgisch TIMES model is een lineair programmering probleem. Dit wil zeggen dat er een doelfunctie is die geoptimaliseerd wordt binnen de beperking van andere vergelijkingen. Mathematisch geeft dit volgende structuur voor een fictief voorbeeld van één energiecentrale die op hout of kolen stookt. Onderstaande is slechts een vereenvoudigde weergave van de werkelijke modelstructuur en wordt zuiver ter argumentatie gegeven. De geïnteresseerde lezer kan een volledig modelbeschrijving terugvinden op de ETSAP website¹⁹.

Doelfunctie

$$(1) \text{ Totale kost} = (\text{operationele_kost}_{\text{centrale}} * \text{activiteit}_{\text{centrale}}) + (\text{kost}_{\text{importkolen}} * \text{import}_{\text{kolen}}) + (\text{kost}_{\text{importhout}} * \text{import}_{\text{hout}})$$

Vraag

$$(2) \text{ activiteit}_{\text{centrale}} \geq \text{vraag}_{\text{ele}}$$

Vergelijkingen

$$(3) \text{ import}_{\text{kolen}} \geq \text{flow}_{\text{kolen,centrale}}$$

$$(4) \text{ import}_{\text{hout}} \geq \text{flow}_{\text{hout,centrale}}$$

$$(5) \text{ activiteit}_{\text{centrale}} = (\text{efficiëntie}_{\text{kolen,centrale}} * \text{flow}_{\text{kolen,centrale}}) + (\text{efficiëntie}_{\text{hout,centrale}} * \text{flow}_{\text{hout,centrale}})$$

$$(6) \text{ emissie}_{\text{CO}_2} = \text{emissiefactor}_{\text{kolen,centrale}} * \text{flow}_{\text{kolen,centrale}}$$

$$(7) \text{ activiteit}_{\text{centrale}} \geq 0$$

¹⁹ Documentation for the TIMES model: part II – hoofdstuk 5: equations - <http://www.iea-etsap.org/web/Docs/TIMESDoc-Details.pdf>

$$(8) \text{ import}_{\text{kolen}} \geq 0$$

$$(9) \text{ import}_{\text{hout}} \geq 0$$

5.4.2. Verdeelsleutel per proces

De gebruikte methode is een verdeelsleutel per verdeling per proces per periode. Dit wil zeggen dat de verdeling hetzelfde is voor alle variabelen en effecten die gerelateerd zijn aan dat proces.

In het modelvoorbeeld over de energiecentrale op hout en kolen komt dit neer op eenzelfde verdeelsleutel voor alle variabelen die in subscript de centrale hebben. Ook de effecten voor die variabelen (variabele * coëfficiënt) worden met eenzelfde verdeelsleutel verdeeld.

De variabelen en effecten met dezelfde verdeelsleutel zijn:

- Variabelen
 - $\text{activiteit}_{\text{centrale}}$
 - $\text{flow}_{\text{kolen,centrale}}$
 - $\text{flow}_{\text{hout,centrale}}$
- Effecten
 - $\text{Operationele_kost}_{\text{centrale}} * \text{activiteit}_{\text{centrale}}$
 - $\text{emissiefactor}_{\text{kolen,centrale}} * \text{flow}_{\text{kolen,centrale}}$

De modelrapportering geeft alle info per proces dus de toepassing van een verdeelsleutel op het niveau van proces is technisch haalbaar. Bovendien blijft de verdeling van het proces consistent wanneer het model sommige variabelen begint te wijzigen en anderen constant laat.

In het voorbeeld kan het optimalisatie algoritme de activiteit-variabele invullen met eender welke mix van flow-variabelen (meer kolen en minder hout of meer hout en minder kolen). Als de verdeelsleutel dezelfde is voor de drie variabelen geeft dit geen consistentie problemen in het modelresultaat.

Bovenstaand optie is uiteindelijk weerhouden omdat de alternatieven problemen in consistentie van het modelresultaat opleveren en/of technisch niet haalbaar zijn. De argumentatie hiervoor volgt in onderstaande.

5.4.3. Verdeelsleutel per variabele per proces

De optie met een verdeelsleutel per variabele per proces is niet weerhouden omwille van mogelijk inconsistente modelresultaten. Deze mogelijkheid tot inconsistentie wordt aangetoond met behulp van het voorbeeld van een energiecentrale die stookt met kolen en/of hout.

Een verdeelsleutel per variabele per proces komt er in het voorbeeld op neer dat er verschillende verdeelsleutels gebruikt worden voor de activiteit-variabele en de twee flow-variabelen. Voor de effecten zou in bovenstaand voorbeeld kunnen uitgegaan worden van de verdeelsleutel van de variabele waarvoor het effect wordt berekend.

Stel dat de helft van de totale energieproductie (10 PJ) met het proces "centrale" in Vlaanderen plaatsvindt en de andere helft in andere regio's. De verdeelsleutel Vlaanderen/België voor variabele $\text{activiteit}_{\text{centrale}}$ is dan 50 %. Veronderstel bovendien dat Vlaanderen uitsluitend op kolen stookt waardoor de verdeelsleutel voor variabele $\text{flow}_{\text{kolen,centrale}}$ (15 PJ) 100 % wordt. Ten slotte wordt verondersteld dat de andere regio's uitsluitend op hout stoken waardoor de verdeelsleutel voor variabele $\text{flow}_{\text{hout,centrale}}$ (15 PJ) 0 % wordt.

Stel vervolgens dat het optimalisatie algoritme voor een toekomstjaar de energieproductie voor proces “centrale” verhoogt naar 20 PJ en deze productie volledig invult met hout (60 PJ). Aangezien de verdeelsleutels exogeen worden opgelegd blijven ze inert en resulteren in volgende situatie:

- Variabele centrale wordt verdeeld met verdeelsleutel 50 %: elektriciteitsproductie is $20 \text{ PJ} * 50 \% = 10 \text{ PJ}$ in Vlaanderen
- Variabele $\text{flow}_{\text{kolen,centrale}}$ wordt verdeeld met verdeelsleutel 100 %: kolengebruik is $0 \text{ PJ} * 100 \% = 0 \text{ PJ}$ in Vlaanderen
- Variabele $\text{flow}_{\text{hout,centrale}}$ wordt verdeeld met verdeelsleutel 0 %: houtgebruik is $60 \text{ PJ} * 0 \% = 0 \text{ PJ}$ in Vlaanderen
- De operationele kost van de centrale in Vlaanderen wordt verdeeld met verdeelsleutel van variabele centrale dus 50 %: $(\text{Operationele_kost}_{\text{centrale}} * \text{activiteit}_{\text{centrale}}) * 50 \%$
- De CO₂-emissie van de centrale in Vlaanderen wordt verdeeld met variabele $\text{flow}_{\text{kolen,centrale}}$: kolengebruik is $0 \text{ PJ} * \text{emissiefactor}_{\text{kolen,centrale}} = 0$ emissie van CO₂ in Vlaanderen

Zoals uit bovenstaand voorbeeld blijkt wordt er op basis van deze methodologie in Vlaanderen 10 PJ elektriciteit gemaakt met een operationele kost zonder een brandstofverbruik en zonder CO₂-emissies. Het is duidelijk de productie van elektriciteit zonder brandstofverbruik in een klassieke centrale inconsistent is met het systeem dat door het wiskundig model wordt beschreven.

Uit het bovenstaande wordt besloten dat de methodologie niet geschikt is voor toepassing.

5.4.4. Verdeelsleutel per soort modelresultaat per variabele per proces

Bij de derde optie wordt een verdeelsleutel toegewezen per soort modelresultaat per variabele per proces. Deze methodologie kampt met een dubbel probleem. Eerst is er het probleem van een inconsistent modelresultaat zoals beschreven in de methodologie met een verdeelsleutel per variabele per proces. Bijkomend is de methodologie niet technisch uitvoerbaar. De problematiek wordt aangetoond aan de hand van het voorbeeld met de energiecentrale die stookt op kolen en/of hout.

De toepassing van de methodologie met een verdeelsleutel per soort modelresultaat per variabele per proces betekent dat er een afwijkende verdeelsleutel is voor de verschillende variabelen en bovendien ook een verschillende verdeelsleutel voor elk effect (zoals bijvoorbeeld CO₂-emissie). Voor het voorbeeld komt dit neer op 5 verschillende verdeelsleutels voor het proces.

De inconsistentie van het modelresultaat op basis van verschillende verdeelsleutels is op eenzelfde manier aantoonbaar als bij de methodologie met een verdeelsleutel per variabele per proces. Voor deze argumentatie wordt naar voorgaande methodologie verwezen.

Bijkomend is er een probleem van technische uitvoerbaarheid. Het modelresultaat rapporteert in hoofdzaak de variabelen. Afgeleid worden ook de effecten (variabele * coëfficiënt) gerapporteerd. Een verdeelsleutel op de effecten is technisch zeer moeilijk te implementeren omdat het een afgeleid resultaat betreft. Bovendien is het aantal resultaten en variabelen per proces te groot in het Belgisch TIMES model om hierop verschillende verdeelsleutels te definiëren. Dit alles maakt het technisch niet haalbaar om een verdeelsleutel per soort modelresultaat per variabele per proces te definiëren.

Op basis van de inconsistente modelresultaten en de technische onuitvoerbaarheid is voorstaande methodologie niet weerhouden.

5.4.5. Assumptie van homogeniteit binnen processen

Uit bovenstaande wordt duidelijk dat een vaste verdeelsleutel per proces noodzakelijkerwijze uitgaat van homogeniteit tussen de regio's. Mits de realiteit hiervan afwijkt is de gekozen methodologie niet in staat om afwijkingen op homogeniteit in de historische gegevens exact te simuleren. Deze problematiek wordt duidelijk in de vergelijking van het modelresultaat voor Vlaanderen in het basisjaar

2005 met de historische gegevens voor Vlaanderen 2005 volgens MIRA. De details hiervan worden verder in het rapport beschreven.

Indien de assumptie van heterogeniteit tussen de regio's in de toekomst als een nodige voorwaarde voor een juist modellering wordt ervaren, is een andere aanpak noodzakelijk. De uitbouw van een TIMES model waarin de processen afzonderlijk per regio gemodelleerd worden is de enige oplossing die consistente modelresultaten oplevert en technisch uitvoerbaar is. Binnen deze studie is deze optie niet gekozen. Zoals reeds eerder aangegeven zou deze aanpak een aanzienlijke budgettaire – en tijdsgebruik impact hebben en dit zowel in de ontwikkelingsfase als in het onderhoud achteraf. Bovendien zou elke verbetering aan het Belgisch TIMES model moeten overgenomen worden in dat nieuwe model indien ze ook daar gewenst is. Op basis hiervan is besloten voor een methode van nacalculatie op het Belgisch modelresultaat te kiezen.

5.5. Technische beschrijving van de module voor resultaatverwerking

De module voor resultaatverwerking bestaat uit een Access databank voor gegevenswerking en een Excel file voor resultaatvoorstelling. Hierbij volgt een functionele beschrijving van beiden. De geïnteresseerde technische experts worden waar mogelijk doorverwezen naar achtergrondinformatie in voetnoot. In *bijlage 4: module resultaatverwerking* wordt de werkwijze met de module toegelicht.

Om de nieuwe module te kaderen wordt hieronder eerst de structuur van het Belgisch TIMES model toegelicht.

Het TIMES²⁰ model is een generieke wiskundige GAMS²¹ formulering van een energiesysteem. Om het generiek model te operationaliseren wordt het gevuld met aannames over kosten, efficiëntie, finale vraag etc. Deze aannames worden beheerd via VEDA-FE²². VEDA-FE is een GUI²³ voor beheer en aansturing van het TIMES model. Vanuit dezelfde GUI wordt ook de optimalisatie solver CPLEX²⁴ aangestuurd om een kostenoptimale oplossing voor het wiskundig model te vinden. Eenmaal de solver een kostenoptimale oplossing heeft gevonden wordt deze in VEDA-BE²⁵ geïmporteerd. VEDA-BE is een GUI voor de consultatie van TIMES modelresultaten.

5.5.1. Access databank

De Access databank (MIRA-TIMES.accdb) heeft een dubbele functie: gegevensopslag en berekening van het Vlaams ETS en niet-ETS resultaat.

In de databank zitten gegevens over de gebruikte modelstructuur die opgehaald worden via VEDA-FE en vervolgens in Access geïmporteerd. Bovendien bevat de databank ook resultaatgegevens die uit VEDA-BE worden opgehaald. Ten slotte zijn ook de sectorindeling, energie indeling en verdeelsleutels Vlaanderen/België en ETS/niet-ETS opgenomen.

Manipulaties van de gegevens in de databank gebeuren vanuit Microsoft Access. De gegevens zijn ook opvraagbaar vanuit de Excel file voor resultaatvoorstelling. Hierdoor kan de gebruiker aannames verifiëren zonder kennis van de databankstructuur. Bij de Excel file beschrijving volgt nog een toelichting hoe de aannames te bevragen.

De resultaatberekening en indeling met verdeelsleutels gebeurt met behulp van queries binnen de databank. Deze queries worden vanuit Excel draaitabellen aangeropen en het resultaat in Excel geïmporteerd.

5.5.2. Excel file

De Excel file (MIRA-TIMES.xlsx) geeft het modelresultaat op een overzichtelijke manier weer. Het resultaat is in draaitabellen opgenomen zodat de gebruiker zelf het detailniveau en de vorm van het resultaat kan bepalen.

De Excel file bevat meerdere tabbladen met elk een draaitabel. Een deel van de tabbladen biedt informatie over het modelresultaat en een deel van de tabbladen biedt informatie over aannames in de module voor nacalculatie.

- Modelresultaat:
 - qry_MIRA_emi_01: emissiegegevens van het modelresultaat, zowel ingaande²⁶ als uitgaande²⁷ stromen

²⁰ TIMES: The Integrated MARKAL-EFOM1 System (<http://www.iea-etsap.org/web/Documentation.asp>)

²¹ GAMS: General Algebraic Modeling System (<http://www.gams.com/>)

²² VEDA FE: VErsatile Data Analyst Front End (<http://support.kanors-emr.org/>)

²³ GUI: Graphical User Interface

²⁴ CPLEX solver (<http://www.gams.com/dd/docs/solvers/cplex.pdf>)

²⁵ VEDA BE: VErsatile Data Analyst Back End (<http://support.kanors-emr.org/>)

²⁶ Ingaande emissiestroom: dit is bijvoorbeeld de hoeveelheid CO₂ die wordt opgeslagen door bebossing of CCS. Deze emissies worden onttrokken uit respectievelijk de omgevingslucht of uit afgassen.

- qry_MIRA_ene_01: energiegegevens van het modelresultaat, zowel ingaande als uitgaande stromen
- qry_MIRA_cost_01: kostgegevens van het modelresultaat
- Aannames:
 - qry_info_processmap_01: Aannames over sectorindeling van processen
 - qry_info_energiemap_01: Aannames over energie indeling van energiedragers
 - qry_info_emissiemap_01: Aannames over emissie indeling naar pollutent
 - qry_info_activiteit_verdeling: Aannames over verdelingen op activiteitsniveau
 - qry_info_proces_verdeling: Aannames over verdelingen op procesniveau

²⁷ Uitgaande emissiestromen: dit is bijvoorbeeld de hoeveelheid CO₂ die vrijkomt bij het gebruik van kolen in kolencentrales. Deze emissies worden toegevoegd via afgassen.

5.6. Overzicht module voor resultaatverwerking

De nieuw ontwikkelde module betekent een uitbreiding van de functionaliteit van het Belgisch TIMES model. Hierbij worden de functionele uitbreidingen kort samengevat.

De eerste functionele uitbreiding is de opmaak van een rapportering in categorieën analoog aan de MIRA categorieën voor energieverbruik en broeikasgasemissies. De uitbreiding zorgt ervoor dat het modelresultaat van het Belgisch TIMES model vergelijkbaar is met de resultaten uit andere analyses in het kader van een MIRA toekomstverkenning.

Een tweede functionele uitbreiding is de opname van verdeelsleutels die op het Belgisch modelresultaat toegepast worden. In praktijk is de mogelijkheid gebruikt om uit het Belgisch modelresultaat een Vlaams totaal -, Vlaams ETS - en Vlaams niet-ETS modelresultaat te berekenen. De technische uitwerking van deze functionaliteit voorziet bovendien in de mogelijkheid om op een later tijdstip nog verdere verdeelsleutels te definiëren. Zo kan het modelresultaat nog verder opgedeeld worden en/of op basis van een andere logica verdeeld worden.

6. Gevalstudie TUMATIM model resultaten

De veranderingen aan het Belgisch TIMES model samen met de nieuwe module voor nacalculatie worden toegepast op de TUMATIM modelresultaten. Om de toevoeging van broeikasgassen op te nemen in het resultaat wordt het model opnieuw geoptimaliseerd wat mogelijk kleine veranderingen in het modelresultaat met zich meebrengt ten opzichte van de oude TUMATIM resultaten. Er worden twee scenario's gebruikt met een niet-elastische vraag. Door de vraag niet-elastisch te veronderstellen wordt de analyse van het resultaat en de vergelijking met historische gegevens meer transparant.

Het eerste opgenomen scenario REF is een referentiescenario. In dit referentiescenario worden geen beleidsdoelstellingen opgelegd waardoor het resultaat een zuiver economische optimalisatie is. Dit scenario wordt traditioneel gebruikt als vergelijkingspunt voor alternatieve scenario's met beleidsdoelstellingen.

Het tweede scenario LCARB is een scenario met een beleidsdoelstelling. Voor 2050 wordt een doelstelling geformuleerd waarbij de CO₂-emissies voor België met 58 % dalen in ten opzichte van 2005.

De modelresultaten worden op twee verschillende manieren geanalyseerd. Een eerste analyse richt zich op het modelresultaat voor het basisjaar 2005 van het REF scenario. Het modelresultaat voor het basisjaar voor de twee scenario's is bijna identiek omdat de keuzevrijheid bij de optimalisatie in dit jaar sterk beperkt wordt. Bijgevolg is het voldoende om slechts één van de twee scenario's op deze manier te analyseren waarbij voor het REF scenario gekozen wordt. Het bekomen resultaat wordt vergeleken ten opzichte van historische gegevens voor 2005. Deze eerste analyse heeft tot doel het uitgangspunt van het model te vergelijken met het historisch startpunt. Deze analyse zal dan ook op een relatief gedetailleerde kwantitatieve manier worden uitgevoerd.

De tweede analyse richt zich op het modelresultaat door de tijd voor beide scenario's. De focus ligt hier op de evolutie door de tijd en de algemene tendensen die hierin herkenbaar zijn. Deze analyse gebeurt op een grafische manier op een hoger aggregatie niveau.

6.1. Basisjaar 2005

De analyse voor het basisjaar 2005 gebeurt voor vier vergelijkingspunten:

1. Belgisch energieverbruik modelresultaat 2005 vs. Belgisch energieverbruik Eurostat 2005;
2. Belgische broeikasgassen modelresultaat 2005 vs. Belgische Nationale Emissie Inventaris 2005;
3. Vlaams energieverbruik modelresultaat 2005 vs. Vlaams energieverbruik 2005 volgens MIRA;
4. Vlaamse broeikasgassen modelresultaat 2005 vs. Vlaamse broeikasgassen 2005 volgens MIRA.

Zoals uit onderstaande vergelijkingen zal blijken is er tussen modelresultaat en historische cijfers in regel bijna altijd een afwijking vast te stellen. Dit is eigen aan een wiskundig model met vrijheidsgraden. De wiskundige formulering bestaat uit een stelsel van ongelijkheden (materiaal en energiebalansen zijn strikt positief) en een doelfunctie (minimalisatie totale kost). Een oplossing voor een referentiejaar volledig vastprikken zodat er geen afwijkingen zijn komt neer op het vastprikken van elke beslissingvariabele binnen dit wiskundig stelsel. Dit is praktisch niet haalbaar omwille van twee redenen. Ten eerste is het stelsel zodanig groot dat het buitensporig lang zou duren om elke beslissingsvariabele vast te prikken. Het stelsel omvat meer dan 100.000 vergelijkingen en ongeveer evenveel variabelen. Ten tweede is het bepalen van een mogelijke oplossing, optimaal of niet-optimaal, te complex om manueel te beredeneren. Deze twee redenen zijn juist de reden waarom een wiskundig algoritme wordt ingezet en de rekenoefening niet met een Excel rekenblad wordt opgelost.

Wat wel belangrijk is voor een goede optimalisatie is de juiste voorstelling van de toekomstige dynamiek (technologische opties, interactie tussen sectoren en brandstoffen, etc.) in het

energiesysteem. Dit in tegenstelling tot het simuleren van de huidige of historische instantie van die dynamiek. Indien er afwijkingen zijn die mogelijk voortvloeien uit een onvolledige of onjuiste voorstelling van de toekomstige systeemdynamiek dan is het aanbevolen deze te inventariseren en te verifiëren voor de aanvang van toekomstverkenningen.

Afwijkingen die een potentieel probleem vormen voor toekomstverkenningen worden besproken en bijkomend opgenomen in het hoofdstuk omtrent de aanbevelingen voor verder onderzoek.

6.1.1. Belgisch energieverbruik 2005

Een eerste vergelijkingspunt is de Belgische energiebalans in 2005. De analyse gebeurt op basis van het REF scenario zonder specifiek klimaatbeleid. De historische gegevens zijn afkomstig uit de bevraging naar het Belgisch energieverbruik voor 2005 door het IEA en Eurostat. [Eurostat, 2012] De energiebalans wordt geaggregeerd op het niveau van deelsectoren zoals gebruikt in de nieuw ontwikkelde module voor het Belgisch TIMES model. Een gedetailleerd overzicht hiervan is terug te vinden in het hoofdstuk over de afstemming van de model rapportering op de MIRA rapportering.

Een volledig cijferoverzicht van de vergelijking is hieronder te vinden in tabel. Een energieverbruik wordt als een negatief cijfer en een energie opwekking als een positief cijfer weergegeven. Significante verschillen worden per brandstoftype besproken evenals de oorzaak voor het verschil. Merk op dat in onderstaande gegevens de internationale bunkers voor lucht- en scheepvaart zijn weggelaten.

Tabel 2: Belgisch energieverbruik 2005 IEA/Eurostat in PJ

Sector	Deelsector	Gas	Kolen	Petro producten	Biomassa	Elektriciteit	Warmte
Import, export, mining		616.4	208.5	994.9	47.0	21.2	
Energie	Aardgas					-0.1	
	Elektriciteit & Warmte	-142.5	-75.0	-15.9	-13.8	251.7	0.2
	Fossiele raffinaderijen	-2.9		-66.7		-10.9	
	WKK	-50.7	-1.8	-1.3	-6.5	25.7	20.7
Energie Totaal		-196.1	-76.8	-83.9	-20.2	266.4	20.9
Handel en diensten		-74.1		-53.1		-60.1	-0.5
Huishoudens		-156.0	-5.4	-151.6	-8.0	-93.6	-0.6
Industrie	Andere industrieën	-49.2	-6.4	-62.2	-8.6	-38.6	-10.0
	Chemie	-116.5		-252.4	-0.7	-49.6	-4.9
	Metaal	-11.6	-118.8	-4.3		-28.1	-0.6
	Papier	-3.8	-1.1	-1.7	-9.4	-9.8	
Industrie Totaal		-181.1	-126.3	-320.6	-18.7	-126.1	-15.5
Landbouw		-0.8		-32.8	-0.1	-1.3	
Transport	Binnenvaart			-9.1			
	Luchtvaart			-0.1			
	Spoorverkeer			-1.7		-6.0	
	Ander transport Eurostat			-1.9			
	Wegverkeer			-344.9			
Transport Totaal				-357.7		-6.0	
Andere Eurostat		-8.3		4.8	0.1	-0.5	-1.2
Balans							3.1

Bron: Eurostat (2012)

Tabel 3: Belgisch energieverbruik 2005 modelresultaat in PJ

Sector	Deelsector	Gas	Kolen	Petro producten	Biomassa	Elektriciteit	Warmte
Import, export, mining		498.9	215.5	970.1	26.9	22.7	2.3
Energie	Aardgas						
	Elektriciteit & Warmte	-83.1	-51.9		-9.5	224.4	0.9
	Fossiele raffinaderijen	-2.6		-67.4		-10.9	-1.7
	WKK	-44.0	-27.2	0.0	-5.4	21.0	35.9
Energie Totaal		-129.7	-79.1	-67.4	-14.9	234.5	35.1
Handel en diensten		-64.9		-52.8	-0.3	-58.2	-2.1
Huishoudens		-138.1	-6.2	-150.5	-8.0	-60.9	
Industrie	Andere industrieën	-43.0	-10.1	-61.8	-3.0	-39.5	-18.5
	Chemie	-111.7	-0.2	-238.4	-0.8	-48.5	-9.3
	Metaal	-10.0	-119.9	-1.6		-32.1	-0.8
	Papier	-1.5			0.2	-7.3	-6.7
Industrie Totaal		-166.2	-130.2	-301.8	-3.6	-127.4	-35.3
Landbouw				-32.3	-0.1	-3.2	
Transport	Binnenvaart			-9.1			
	Luchtvaart			-11.9			
	Spoorverkeer			-1.7		-7.5	
	Ander transport Eurostat						
	Wegverkeer			-342.6			
Transport Totaal				-365.3		-7.5	
Andere Eurostat							
Balans							

Bron: VITO (2012)

Tabel 4: Belgisch energieverbruik 2005 modelresultaat vs. Belgisch energieverbruik 2005 IEA/Eurostat in PJ²⁸

Sector	Deelsector	Gas	Kolen	Petro producten	Biomassa	Elektriciteit	Warmte
Import, export, mining		-117.5	7.0	-24.8	-20.1	1.5	2.3
Energie	Aardgas					0.1	
	Elektriciteit & Warmte	59.4	23.1	15.9	4.3	-27.3	0.7
	Fossiele raffinaderijen	0.3		-0.7			-1.7
	WKK	6.7	-25.4	1.3	1.1	-4.7	15.2
Energie Totaal		66.4	-2.3	16.5	5.3	-31.9	14.2
Handel en diensten		9.2		0.3	-0.3	1.9	-1.6
Huishoudens		17.9	-0.8	1.1		32.7	0.6
Industrie	Andere industrieën	6.2	-3.7	0.4	5.6	-0.9	-8.5
	Chemie	4.8	-0.2	14.0	-0.1	1.1	-4.4
	Metaal	1.6	-1.1	2.7		-4.0	-0.2
	Papier	2.3	1.1	1.7	9.6	2.5	-6.7
Industrie Totaal		14.9	-3.9	18.8	15.1	-1.3	-19.8
Landbouw		0.8		0.5	-0.0	-1.9	
Transport	Binnenvaart						
	Luchtvaart			-11.8			
	Spoorverkeer					-1.5	
	Ander transport Eurostat			1.9			
	Wegverkeer			2.3			
Transport Totaal				-7.6		-1.5	
Andere Eurostat		8.3		-4.8	-0.1	0.5	1.2
Balans							-3.1

Bron: VITO (2012)

²⁸ Een absolute afwijking van meer dan 5 % in het modelresultaat ten opzichte van IEA/Eurostat wordt aangegeven met een gele inkleuring van de waarden.

Elektriciteit

Om de energiebalans voor elektriciteit in het modelresultaat vergelijkbaar te maken met de energierapportering op Eurostat zijn volgende verschuiving in de Eurostat indeling doorgevoerd:

- Bij Eurostat wordt voor transformatie output geen onderscheid gemaakt tussen WKK en niet-WKK installaties. Op basis van de details voor elektriciteitopwekking is bij Eurostat 27,6 PJ elektriciteit productie verschoven van elektriciteit & warmte naar WKK.
- In het model wordt het elektriciteitverbruik voor de sector voedsel en tabak in Eurostat bij handel en diensten gerekend in plaats van bij industrie. In de Eurostat cijfers is bijgevolg 14,4 PJ elektriciteit consumptie verschoven van andere industrie naar handel en diensten om een vergelijking mogelijk te maken.

De opwekking van elektriciteit is in het model volledig geconcentreerd in de energiesector. In het modelresultaat is de balans van de opgewekte hoeveelheid elektriciteit in de energiesector lager dan bij Eurostat. De opgewekte hoeveelheid elektriciteit wordt in het model geoptimaliseerd en is bijgevolg gestuurd door de geoptimaliseerde vraag naar elektriciteit. Deze vraag naar elektriciteit is onderschat bij huishoudens. De oorzaak van het minderverbruik bij huishoudens ligt in de basisgegevens voor het Belgisch TIMES model. De basisgegevens van het model bestaan hiervoor uit de exogeen opgelegde bestaande capaciteit van installaties voor het basisjaar en de exogeen opgelegde vraag naar nuttige energiediensten in het basisjaar. Een exhaustieve beschrijving van deze basisgegevens en hun mathematische betekenis ligt buiten de scope van deze studie. De geïnteresseerde lezer wordt doorverwezen naar de TIMES handleiding.²⁹ Een aanpassing van deze basisgegevens is noodzakelijk om het elektriciteitverbruik te corrigeren.

Warmte

Om het modelresultaat en Eurostat te kunnen vergelijken is 20,7 PJ opgewekte warmte van elektriciteit & warmte naar WKK verschoven. Net als bij elektriciteit is dit nodig omdat bij transformatie output geen onderscheid wordt gemaakt tussen WKK en niet-WKK installaties.

In het modelresultaat wordt significant meer warmte opgewekt dan bij Eurostat. Dit verschil is te verklaren door de rapporteringregels voor Eurostat [EIA, 2004]. Zoals beschreven in de energy statistics manual, bevat final consumption alleen warmte en elektriciteit die gecommmercialiseerd is. Indien een WKK bij een bedrijf staat waar de opgewekte warmte of elektriciteit zelf verbruikt wordt is er in de energiebalans geen warmte stroom zichtbaar. De afwijking is bijgevolg geen fout in het model. Het model is meer volledig en transparant in de warmtestroom dan Eurostat.

Gas

Bij Eurostat worden hoogoven gas en cokes gas opgewekt in de transformatiesector terwijl het model deze gasstromen bij de ijzer en staal sector rekent. In bovenstaande tabellen zijn de stromen van deze gassen voor 53,5 PJ in de Eurostat cijfers verschoven van de transformatiesector naar de ijzer en staal sector.

Het gasverbruik in het modelresultaat is lager dan het gasverbruik bij Eurostat. De grote verschillen situeren zich bij de elektriciteitproductie en de huishoudens waar het gasverbruik lager is in het modelresultaat dan bij Eurostat.

De oorzaak van het lage gasverbruik in de energiesector is tweeledig. Eerst is er het minderverbruik aan elektriciteit waardoor ook de productie na optimalisatie lager is. Deze onderschatting van de elektriciteitproductie is geconcentreerd bij de gasgedreven installaties. Het minderverbruik van elektriciteit is reeds eerder besproken evenals de mogelijke oplossing door aanpassing van de basisgegevens van het Belgisch TIMES model. Een tweede oorzaak voor het lage gasverbruik is een

²⁹ Documentation for the TIMES model: part II – table 12 user input parameters - <http://www.iea-etsap.org/web/Docs/TIMESDoc-Details.pdf>

verschuiving van gasgestookte WKK naar kolen gestookte WKK in de energiesector. In de opmaak van het WKK park in het Belgisch TIMES model is de mogelijkheid tot brandstofwissel onvoldoende gelimiteerd waardoor de optimalisatie in het basisjaar reeds onmiddellijk voor de meest kostenoptimale mix kiest. Deze afwijking kan verholpen worden door middel van bijkomende beperkingen op de inzet van het WKK installatiepark.

Het minderverbruik van gas bij huishoudens vloeit voort uit de basisgegevens van het Belgisch TIMES model. Om het minderverbruik te corrigeren moeten de basisgegevens aangepast worden.

Bovenop de significante afwijkingen bij energie en huishoudens zijn kleinere afwijkingen merkbaar bij de industriële sectoren. Deze afwijkingen hangen samen met de rapporteringregels voor het energieverbruik door Eurostat. Zoals reeds bij het warmteverbruik vermeld, wordt alleen de gecommmercialiseerde warmte en elektriciteit expliciet als een energiestroom opgenomen. Hetzelfde geldt voor brandstoffen die aangewend zijn voor de opwekking van warmte en elektriciteit. Brandstoffen die gebruikt zijn voor het niet gecommmercialiseerd stuk worden bij Eurostat gerapporteerd onder de industriële sectoren waar de WKK staat. Bij het modelresultaat daarentegen worden deze brandstoffen onder WKK in de energiesector gerapporteerd. Net zoals bij warmte stromen is het modelresultaat meer volledig en transparant en betreft de afwijking geen fout in het model.

Kolen

Bij Eurostat worden cokes gerekend onder de transformatiesector terwijl het model deze stroom bij de ijzer en staal sector rekent. De cokes stroom is daarom in bovenstaande tabellen bij de Eurostat-data van de transformatiesector naar de ijzer en staal sector verschoven. De stroom is goed voor een consumptie van 132,9 PJ kolen en een productie van 81,6 PJ cokes.

Het saldo van het kolenverbruik volgens het modelresultaat in de energiesector is niet significant afwijkend van Eurostat. Bij een analyse van het modelresultaat voor deelsectoren is wel een verschuiving van centrale elektriciteitsopwekking naar WKK installaties zichtbaar ten opzichte van Eurostat. Deze verschuiving is combinatie van drie factoren. Ten eerste is een deel van het gasverbruik bij WKK installaties verschoven naar kolenverbruik zoals reeds besproken bij de sectie over het gasverbruik. Ten tweede is een deel van het kolenverbruik in het centraal elektriciteitspark naar kolenverbruik in WKK installaties verschoven. Ten slotte is het kolenverbruik in het centrale elektriciteitspark onderschat door het minderverbruik, en bijgevolg minderproductie, van elektriciteit.

Een correctie van het kolenverbruik in de energie sector hangt samen met de correctie van het elektriciteitsgebruik en het gasgebruik in WKK zoals eerder besproken. Indien de voorgaande opgelost worden zal het kolensaldo zich ook corrigeren.

We merken buiten de grote verschuivingen in de energiesector nog kleinere verschuivingen op in de industriële sectoren. Dit is te wijten aan de beperkte vrijheid die het optimalisatie algoritme heeft in het basisjaar waardoor er naar goedkope kolen wordt overgeschakeld.

Petro producten

Het niet-energetisch gebruik van petro producten wordt door Eurostat niet gedetailleerd gerapporteerd per industriële sector. Om een afstemming met het modelresultaat mogelijk te maken is in de Eurostat-data binnen bovenstaande tabellen 29,2 PJ en 0,4 PJ niet-energetisch verbruik van petro producten van chemie naar respectievelijk andere industrie en metaal verschoven.

Er is een minderverbruik van petro producten in het modelresultaat voor de energiesector ten opzichte van Eurostat. Het gebruik van petro producten is een dure vorm van elektriciteitsproductie en door het te lage elektriciteitsverbruik worden deze dure installaties als eerste uitgeschakeld door het optimalisatie algoritme. De correctie hiervan hangt samen met de correctie voor het lage elektriciteitsverbruik.

Het niet-energetisch verbruik van petro producten in de chemische sector is lager dan in Eurostat. De afwijking zit in de basisgegevens voor het Belgisch TIMES model en kan daar aangepast worden met nieuwe gegevens.

Het verbruik van petro producten bij de lokale luchtvaart wijkt sterk af van Eurostat. Indien het modelresultaat en Eurostat vergeleken worden voor het petro verbruik luchtvaart inclusief de internationale bunkers dan stemmen ze wel overeen. Het luchtvaartverbruik wordt verkeerd verdeelt in het TIMES-model. Deze verdeling resulteert rechtstreeks uit de basisgegevens van het Belgisch TIMES model en moet daar aangepast worden.

Biomassa

Het biomassa verbruik bestaat (in 2005 – biobrandstoffen waren toen nog niet in gebruik in de transportsector) uit enerzijds hout en hout afval en anderzijds het hernieuwbaar deel van afvalstromen. Het biomassa verbruik in het modelresultaat is significant lager dan bij Eurostat voor beide biomassa stromen.

De oorzaak van de afwijking ligt enerzijds in de basisgegevens van het Belgisch TIMES model. Het verbruik van hout en houtafval is daar onderschat. Deze oorzaak van de afwijk kan worden opgelost met een aanpassing van deze gegevens.

Anderzijds wordt in de modelstructuur veronderstelt dat de biomassa stroom in de papier en pulp sector integraal in een WKK wordt verbruikt waardoor deze stroom naar de energiesector wordt toegewezen. Door het minderverbruik van elektriciteit wordt deze mogelijkheid echter niet ten volle benut en is er een tekort aan biomassa verbruik. Deze afwijking dient tezamen met het probleem van het lage elektriciteitsverbruik te worden aangepast.

Algemeen

Het saldo van de IEA/Eurostat rapportering voor warmte is niet gelijk aan nul. De reden hiervoor zit in de gerapporteerde warmteproductie door zelfproducenten. De conventie voor Eurostat rapportering schrijft voor dat alleen gecommmercialiseerde warmte en elektriciteit wordt gerapporteerd bij transformatie output. Deze conventie wordt gestaafd door het nul saldo bij elektriciteitproductie en – consumptie. Indien deze conventie ook voor warmte wordt toegepast, geeft dit een warmteoverschot. Dit overschot is juist gelijk aan de gerapporteerde warmteproductie door zelfproducenten. De conclusie is dat ofwel de gerapporteerde warmte van zelfproducenten niet gecommmercialiseerd is waardoor ze eigenlijk niet aan de productiezijde zou mogen worden opgenomen. Ofwel is de gerapporteerde warmte van zelfproducenten wel gecommmercialiseerd maar dan is het warmteverbruik onvolledig.

Conclusie

In bovenstaande vergelijking zijn meerdere afwijkingen vastgesteld tussen het modelresultaat en Eurostat. De meeste afwijkingen komen voort uit afwijkingen in de basisgegevens van het Belgisch TIMES model terwijl andere afwijkingen voorkomen uit de keuzevrijheid van het optimalisatie algoritme.

Een calibratie van het model op een historisch jaar is een omzichtige oefening die in het geval van het Belgisch TIMES model mogelijks beter gebruikt wordt om het basisjaar te verschuiven naar de historische gegevens van 2010. Deze calibratie en modelaanpassing is gericht op het Belgisch TIMES model en valt buiten de scope van deze studie. De voorliggende studie heeft tot doel een methodologie voor de verrekening van bestaande Belgische modelresultaten naar Vlaamse ETS en niet-ETS resultaten uit te werken.

De vastgestelde afwijkingen hebben een nefaste invloed op de verdere vergelijkingen tussen het modelresultaat en historische gegevens voor Belgische broeikasgasemissies, Vlaamse energieverbruiken en Vlaamse broeikasgasemissies. In deze bijkomende analyse zal dan ook waar nodig verwezen worden naar bovenstaande bespreking.

6.1.2. Broeikasgasemissies België 2005

Brandstofgerelateerde broeikasgasemissies in het Belgisch modelresultaat voor 2005 worden vergeleken met historische gegevens zoals opgenomen in de Belgische emissie inventaris van april 2012. Deze is terug te vinden op Eionet [Eionet, 2012].

In onderstaande tabel wordt een verschil duidelijk tussen het modelresultaat en de emissie inventaris. Dit verschil heeft twee mogelijke oorzaken. Ten eerste kan de emissiefactor in het model afwijken van de emissiefactor in de emissie inventaris. Ten tweede kan het energieverbruik in de emissie inventaris afwijken van het energieverbruik in het modelresultaat en/of het energieverbruik bij Eurostat. Eigenlijk zijn er dus drie verschillende cijfers van eenzelfde energieverbruik die hier kunnen spelen: modelresultaat, emissie inventaris en Eurostat energierapportering. Waar mogelijk wordt de oorzaak van het verschil gegeven.

De bespreking van de resultaten richt zich op brandstofgerelateerde CO₂-emissies omdat deze het meest omvangrijk zijn. Bovendien is de verklaring voor eventuele afwijkingen dezelfde voor alle broeikasgassen. De broeikasgasemissies gerelateerd aan internationale lucht- of zeevaartbunkers zijn niet mee opgenomen. Tot slot wordt het modelresultaat voor niet-brandstofgerelateerde broeikasgasemissies nog opgenomen in tabel.

Tabel 5: Brandstofgerelateerde broeikasgasemissies 2005 België modelresultaat vs. emissie inventaris in kton³⁰

Sector	Deelsector	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NIR CO ₂	NIR CH ₄	NIR N ₂ O	Diff CO ₂	Diff CH ₄	Diff N ₂ O
Energie	Elektriciteit & Warmte	11,977	1.03	0.20						
	WKK	3,293	0.24	0.07						
	Elektriciteit & Warmte + WKK	15,270	1.27	0.27	24,511	0.65	0.30	-9,240	0.62	-0.03
	Fossiele raffinaderijen	3,205			4,353		0.20	-1,148	0.00	-0.20
Energie Totaal		18,476	1.27	0.27	29,289	0.65	0.50	-10,814	0.62	-0.23
Handel en diensten		7,535	0.92	0.04	6,330	1.14	0.09	1,205	-0.22	-0.05
Huishoudens		19,467	6.44	0.14	21,983	6.68	0.16	-2,517	-0.24	-0.02
Industrie	Andere industrieën	11,274	0.33	0.05	9,785	1.26	0.26	1,489	-0.93	-0.21
	Chemie	4,735	0.12	0.01	7,900	0.50	0.02	-3,165	-0.38	-0.01
	Metaal	13,228	1.06	0.16	10,724	1.31	0.02	2,504	-0.25	0.14
	Papier	83	0.00	0.00	619	0.22	0.02	-536	-0.22	-0.02
Industrie Totaal		29,320	1.52	0.22	28,603	3.28	0.32	718	-1.76	-0.10
Landbouw		2,431	0.35	0.02	2,414	0.68	0.12	16	-0.33	-0.10
Transport	Binnenvaart	686	0.03	0.02	531	0.02	0.07	155	0.01	-0.05
	Luchtvaart	858	0.02	0.03	9	0.00	0.00	850	0.02	0.03
	Spoorverkeer	127	0.00	0.00	130	0.01	0.02	-3	-0.01	-0.02
	Wegverkeer	24,979	0.95	0.91	24,928	2.42	1.41	51	-1.47	-0.50
	<i>Ander transport</i>				138	0.02	0.01	-138	-0.02	-0.01
Transport Totaal		26,651	1.00	0.97	25,736	2.47	1.51	915	-1.47	-0.54
Totaal		103,879	11.49	1.67	114,447	14.89	2.70	-10,568	-3.40	-1.03

Bron: VITO (2012)

³⁰ Een absolute afwijking van meer dan 5 % in het modelresultaat ten opzichte van IEA/Eurostat wordt aangegeven met een gele inkleuring van de waarden.

Energie

Bij sector energie is er een aanzienlijke afwijking tussen het modelresultaat en de emissie inventaris. Het modelresultaat rapporteert 10,8 Mton minder CO₂-emissie dan de emissie inventaris of ruwweg 1/3 van de inventaris emissies.

Het grote absolute verschil is terug te vinden bij de elektriciteitopwekking met een minderemissie van 9,2 Mton CO₂. Deze afwijking resulteert uit afwijkende resultaten voor het energieverbruik tussen het modelresultaat en de emissie inventaris. In het modelresultaat wordt minder gas en kolen verbruikt dan in de emissie inventaris. De emissie inventaris rapporteert zelfs een nog hoger energieverbruik dan Eurostat en zoals eerder besproken was het verbruik in het modelresultaat zelfs al een onderschatting van Eurostat. Een deel van het verschil zou worden weggewerkt bij een afstemming tussen het model en Eurostat maar een ander deel, het verschil tussen Eurostat en emissie inventaris, zal blijven.

Handel en diensten

Het verschil tussen het modelresultaat en de emissie inventaris bij handel en diensten bedraagt 1,2 Mton CO₂-meeremissie in het modelresultaat. Deze afwijking komt voort uit een verondersteld meerverbruik van petro producten in het modelresultaat ten opzichte van de emissie inventaris. Zoals reeds eerder besproken bestaat er geen noemenswaardige afwijking tussen het modelresultaat en Eurostat en ligt het verschil tussen Eurostat en de emissie inventaris. Bijgevolg kan het model hier niet gecorrigeerd worden. Zoals in de conclusie wordt toegelicht vloeit dit voort uit de afstemming van het Pan European TIMES model op Eurostat.

Huishoudens

De CO₂-emissie bij huishoudens is lager in het modelresultaat dan in de emissie inventaris met een verschil van 2,5 Mton. Dit verschil komt voort uit het gerapporteerde minderverbruik van gas in het modelresultaat ten opzichte van de emissie inventaris. Daarbovenop komt nog een meerverbruik in de emissie inventaris van petro producten ten opzichte van het modelresultaat en Eurostat. Het minderverbruik van gas kan zoals eerder besproken gecorrigeerd worden. Het verschil in verbruik van petro producten niet omdat de Eurostat en de emissie inventaris conflicteren.

Industrie

De totale industriële emissies sluiten voor het modelresultaat kort aan bij de emissie inventaris. Op individuele basis zijn er wel verschillen zichtbaar in de industriële sectoren.

Het verschil tussen het modelresultaat en de emissie inventaris bij chemie is te verklaren door de opname van emissies uit energetische verliezen en zelfgebruik bij processen. Hiervoor is in de emissie inventaris 75 PJ aan andere brandstoffen opgenomen wat resulteert in een CO₂-emissie van 4 Mton. In het modelresultaat zijn voor het niet-energetisch verbruik van petro producten geen CO₂-emissies opgenomen. De reden hiervoor is dat het energieverbruik in het model correct is zonder de kring van niet-energetisch verbruik naar restbrandstof naar eigengebruik expliciet te modelleren. Bijgevolg zijn dit eigengebruik, en daarmee gepaard gaande CO₂-emissies, niet opgenomen. In het hoofdstuk "Vragen voor verder onderzoek" zijn deze emissies opgenomen als verbetering aan het model.

Bij metaal is er een meeremissie van 2,5 Mton CO₂ in het modelresultaat. Het overgrote deel van de emissies in het modelresultaat zijn afkomstig uit hoogovens. De oorzaak hiervan ligt in de hoogoven emissies. De modelstructuur voor de ijzer en staal sector dient gekalibreerd te worden om dit verschil weg te werken.

Landbouw

Voor de landbouw sluiten de CO₂-emissies in het modelresultaat nauw aan bij de gerapporteerde emissies in de emissie inventaris.

Transport

CO₂-emissies uit transport komen in het modelresultaat goed overeen met de emissie inventaris. Er is wel een duidelijke afwijking bij de luchtvaart maar deze is te verklaren door een verschil tussen het brandstofverbruik in het modelresultaat en de emissie inventaris. In de voorafgaande analyse van het energieverbruik is reeds aangegeven dat de brandstofverdeling tussen lokale en internationale luchtvaart moet herverdeeld worden in het model.

Conclusie

De verschillen tussen het modelresultaat en de emissie inventaris zijn bijna uitsluitend gedreven door afwijkende assumpties over het energieverbruik. Dit ligt in lijn van de verwachtingen omdat beide gebaseerd zijn op een methodologie die bestaat uit een vermenigvuldiging van energieverbruik met emissiefactoren.

De verschillen in energieverbruik tussen het modelresultaat en de emissie inventaris die gelijk lopen met de verschillen tussen het modelresultaat en Eurostat kunnen weggewerkt worden door een aanpassing van de basisgegevens van het Belgisch TIMES model. De verschillen in energieverbruik tussen Eurostat en de emissie inventaris zullen blijvend zorgen voor een afwijking in CO₂-emissies tussen het modelresultaat en de emissie inventaris omdat het model afgestemd is op Eurostat. De afstemming tussen het Belgisch TIMES model en Eurostat vloeit voort uit de afstemming tussen het Pan European TIMES model, waar het Belgisch model een onderdeel van is, en Eurostat. Deze afstemming is een gegeven en niet de keuze van de modelbeheerder. Indien toch van deze afstemming wordt afgeweken impliceert dit de opbouw van een volledig onafhankelijk TIMES model met een grote impact op benodigde tijd en budget.

Niet-brandstofgerelateerde CH₄-en N₂O-emissies

De niet-brandstofgerelateerde CH₄- en N₂O-emissies zijn in deze studie toegevoegd in het Belgisch TIMES model. Hierbij wordt het modelresultaat voor 2005 voor deze emissies gegeven. Zoals beschreven bij de toevoeging van deze emissies zijn deze resultaten niet het gevolg van een optimalisatie maar wordt de groei of afname exogeen opgelegd. De cijfers in tabel worden dan ook niet vergeleken zoals andere modelresultaten.

Tabel 6: Niet-brandstofgerelateerde broeikasgasemissies CH₄ en N₂O 2005 België modelresultaat in kton

Sector	Proces	CH ₄	N ₂ O
Energie	Aardgas transport	20.3	
Handel en diensten	Medisch		0.7
Huishoudens	Afval	6.3	0.9
Industrie	Processen	0.6	11.0
	Afval	49.4	
Landbouw		242.4	16.0
Totaal		319.0	28.7

Bron: VITO (2012)

6.1.3. Vlaams energieverbruik 2005

In onderstaande wordt het Vlaams energieverbruik 2005 in het modelresultaat vergeleken met het energieverbruik 2005 volgens MIRA. De verschillen worden toegelicht per brandstoftype zoals bij de vergelijking tussen het Belgisch modelresultaat en Eurostat. Waar de afwijking gelijkaardig is en voortvloeit uit een afwijking van het Belgisch modelresultaat ten opzichte van Eurostat wordt hiernaar verwezen. De lezer kan de analyse van deze afwijkingen terug vinden onder het hoofdstuk over het Belgisch energieverbruik 2005.

In onderstaande cijfers zijn geen verbruiken van internationale lucht – of zeevaartbunkers opgenomen.

Tabel 7: Vlaams energieverbruik 2005 MIRA in PJ³¹

Sector	Deelsector	Gas	Kolen	Petro producten	Biomassa	Elektriciteit	Warmte
Import		412.6	175.2	683.0	20.4	29.9	4.7
Energie	Aardgas	-2.0	0.0	0.0	0.0	-0.0	0.0
	Elektriciteit & Warmte	-91.7	-69.2	-11.4	-10.6	137.1	2.8
	Fossiele raffinaderijen	-3.8	0.0	-68.9	0.0	-4.7	-6.8
	WKK	-57.3	0.0	-0.1	-0.6	22.4	19.9
Energie totaal		-154.8	-69.2	-80.4	-11.2	154.8	15.8
Handel en diensten		-44.1	0.0	-15.9	-0.3	-43.2	0.0
Huishoudens		-87.0	-3.6	-108.0	-3.8	-39.2	0.0
Industrie	Andere industrieën	-37.9	-1.5	-41.2	-3.7	-30.0	-20.5
	Chemie	-70.3	-8.5	-231.0	-0.3	-34.3	0.0
	Metaal	-9.0	-90.2	-3.1	0.0	-25.2	0.0
	Papier	-2.9	-1.4	-0.4	-1.1	-6.8	0.0
Industrie totaal		-120.1	-101.6	-275.7	-5.1	-96.3	-20.5
Landbouw		-6.6	-0.8	-22.2	-0.0	-3.2	0.0
Transport	Binnenvaart	0.0	0.0	-3.3	0.0	0.0	0.0
	Luchtvaart	0.0	0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0
	Spoorverkeer	0.0	0.0	-1.0	0.0	-2.8	0.0
	Wegverkeer	-0.0	0.0	-176.5	0.0	-0.0	0.0
Transport totaal		-0.0	0.0	-180.8	0.0	-2.8	0.0
Totaal							

Bron: VITO (2012)

³¹ Broeikasgasemissies voor binnenlandse zeescheepvaart zijn niet opgenomen in de MIRA totalen. Dit om de vergelijkbaarheid met het modelresultaat te garanderen.

Tabel 8: Vlaams energieverbruik 2005 modelresultaat in PJ

Sector	Deelsector	Gas	Kolen	Petro producten	Biomassa	Elektriciteit	Warmte
Import		340.7	151.6	659.7	15.3	40.9	0
Energie	Aardgas						
	Elektriciteit & Warmte	-56.3	-35.2		-5.5	115.6	0.6
	Fossiele raffinaderijen	-2.6		-67.4		-10.9	-1.7
	WKK	-30.3	-23.3	-0.0	-2.6	16.5	25.0
Energie totaal		-89.2	-58.4	-67.5	-8.2	121.2	23.9
Handel en diensten		-37.9		-30.9	-0.1	-33.2	-1.2
Huishoudens		-86.9	-3.9	-95.1	-5.1	-35.5	
Industrie	Andere industrieën	-17.7	-4.2	-25.5	-1.2	-16.3	-7.6
	Chemie	-100.5	-0.2	-214.5	-0.7	-43.7	-8.3
	Metaal	-8.0	-84.9	-1.4		-24.3	-0.6
	Papier	-0.6			0.1	-2.8	-2.6
Industrie totaal		-126.8	-89.2	-241.4	-1.9	-87.1	-19.2
Landbouw				-28.4	-0.1	-2.8	
Transport	Binnenvaart			-7.9			
	Luchtvaart			-2.4			
	Spoorverkeer			-0.8		-3.5	
	Wegverkeer			-185.4			
Transport totaal				-196.4		-3.5	
Balans							3.4

Bron: VITO (2012)

Tabel 9: Vlaams energieverbruik 2005 modelresultaat vs. Vlaams energieverbruik 2005 MIRA in PJ³²

Sector	Deelsector	Gas	Kolen	Petro producten	Biomassa	Elektriciteit	Warmte
Import		-71.9	-23.7	-23.2	-5.1	11.0	-4.7
Energie	Aardgas	2.0				0.0	
	Elektriciteit & Warmte	35.5	34.0	11.4	5.1	-21.5	-2.2
	Fossiele raffinaderijen	1.2		1.5		-6.1	5.1
	WKK	27.0	-23.3	0.1	-2.	-5.9	5.2
Energie totaal		65.7	10.7	13.0	3.	-33.6	8.1
Handel en diensten		6.2		-15.0	0.	10.0	-1.2
Huishoudens		0.2	-0.3	12.9	-1.	3.7	
Industrie	Andere industrieën	20.2	-2.6	15.7	2.	13.7	12.9
	Chemie	-30.2	8.3	16.4	-0.	-9.4	-8.3
	Metaal	1.0	5.3	1.7		0.9	-0.6
	Papier	2.4	1.4	0.4	1.1	4.0	-2.6
Industrie totaal		-6.7	12.3	34.3	3.2	9.2	1.3
Landbouw		6.6	0.8	-6.3	-0.1	0.4	
Transport	Binnenvaart			-4.6			
	Luchtvaart			-2.4			
	Spoorverkeer			0.2		-0.7	
	Wegverkeer			-8.9			
Transport totaal				-15.6		-0.7	
Balans							3.4

Bron: VITO (2012)

Elektriciteit

De elektriciteitsproductie in het Vlaams modelresultaat is onderschat ten opzichte van de MIRA energierapportering in lijn met de onderschatting in het Belgisch modelresultaat ten opzichte van Eurostat. Deze afwijking is reeds eerder besproken.

Het elektriciteitsverbruik in het modelresultaat voor de sectoren fossiele raffinaderijen en handel en diensten wijken significant af van MIRA. Deze afwijkingen waren niet zichtbaar in de eerdere analyse van het Belgische modelresultaat. Bijgevolg lijken deze het gevolg van de verdeelsleutel Vlaanderen/België die gehanteerd wordt voor deze sectoren. Deze verdeelsleutel is zoals eerder vermeld gebaseerd op de verhouding tussen het brandstofverbruik in de emissie inventaris voor Vlaanderen ten opzichte van de emissie inventaris voor België. Het is mogelijk dat deze verhouding in 2010 anders is dan de verhouding in 2005 waardoor een afwijking zichtbaar wordt tussen de vermenigvuldiging van het energieverbruik 2005 met de verdeelsleutels 2010 ten opzichte van de historische cijfers van 2005. Een actualisatie van het Belgisch TIMES model naar basisjaar 2010 zou deze verschillen ongedaan maken.³³

In het modelresultaat voor elektriciteitsverbruik bij industrie is een verschuiving zichtbaar. Het elektriciteitsverbruik in het modelresultaat is te laag voor andere industrie en te hoog voor chemie. Deze verschuiving resulteert mogelijk uit een andere toewijzing van energieverbruik tussen het model/Eurostat en MIRA.

³² Een absolute afwijking van meer dan 5 % in het modelresultaat ten opzichte van de waarden gerapporteerd door MIRA (IR2011) wordt aangegeven met een gele inkleuring van de waarden.

³³ Een actualisatie van het Belgisch TIMES model naar een meer recent basisjaar is een actie die per definitie periodiek dient te gebeuren. De verdeelsleutels op basisjaar 2005 afstemmen zou ertoe leiden dat bovenstaande oefening op korte termijn achterhaald wordt indien het basisjaar van het TIMES model naar 2010 verschuift.

Warmte

De warmte opwekking in het modelresultaat ligt in lijn met MIRA. De toewijzing van het warmteverbruik wijkt echter sterk af. In de energierapportering van MIRA wordt bijna alle warmte in andere industrie verbruikt terwijl in het modelresultaat de warmte verdeeld wordt over meerdere (deel)sectoren. Aangezien in Eurostat de warmte ook over meerdere deelsectoren wordt verdeeld is het modelresultaat niet fout maar is er sprake van een rapporteringverschil tussen MIRA en Eurostat.

Gas

Het gasverbruik in het modelresultaat is lager dan in de MIRA energierapportering. Het grootste verschil ligt in de energiesector omwille van de te lage elektriciteitsvraag en elektriciteitsproductie. Deze afwijking is reeds eerder besproken.

Binnen de industrie is in het Vlaams modelresultaat een verschuiving van brandstofverbruik zichtbaar tussen het gasgebruik in de chemie en andere industrie. Het Belgisch modelresultaat was consistent met Eurostat en bovendien bevindt het overgrote deel van de chemische nijverheid zich in Vlaanderen. Bijgevolg is het modelresultaat logisch en is de afwijking terug te brengen tot een andere allocatie van energieverbruik binnen de industriële sector tussen Eurostat en MIRA.

Kolen

Het Vlaams modelresultaat voor het kolenverbruik in de energiesector wijkt af van MIRA. Bij centrale elektriciteitsopwekking wordt in het modelresultaat minder kolen verbruikt dan bij MIRA. Dit minderverbruik is groter dan het reeds gerapporteerde minderverbruik tussen het Belgisch modelresultaat en Eurostat. Dit duidt mogelijk op een hogere concentratie koleninstallaties in Vlaanderen dan de verdeelsleutel Vlaanderen/België aangeeft (zie ook § 5.4).

Het kolenverbruik in de industrie is in het modelresultaat significant lager dan bij MIRA. Diezelfde afwijking was niet aanwezig in de vergelijking tussen het Belgisch modelresultaat en Eurostat. Deze afwijking duidt erop dat in Vlaanderen in verhouding tot België meer kolen verbruikt wordt dan de toegepaste verdeelsleutel Vlaanderen/België oplegt (zie eveneens § 5.4).

Petro producten

Het verbruik van petro producten in het Vlaams modelresultaat is voor de energiesector lager dan bij MIRA. Deze afwijking is gelijkaardig aan de afwijking tussen het Belgisch modelresultaat en Eurostat. Deze afwijking is reeds eerder besproken.

Het verbruik van petro producten bij industrie in het modelresultaat is lager dan bij MIRA. Deze onderschatting is zichtbaar bij alle industriële sectoren. Net zoals bij het elektriciteit is dit te wijten aan de toepassing van verdeelsleutels die gebaseerd zijn op gegevens van 2010, op modelresultaten voor 2005.

Biomassa

De afwijkingen in het gebruik van biomassa in het Vlaams modelresultaat ten opzichte van MIRA zijn aanzienlijk lager dan de afwijkingen die werden vastgesteld tussen het Belgisch modelresultaat en Eurostat.

Conclusie

In bovenstaande analyse zijn verschillende afwijkingen vastgesteld. In grote lijnen zijn er twee relevante oorzaken voor de afwijkingen. Een eerste oorzaak ligt in de energiesector waar eerder een afwijking werd vastgesteld tussen het Belgisch modelresultaat en Eurostat. Indien dat probleem verholpen wordt zal ook de afwijking op het Vlaams niveau afnemen. Een tweede oorzaak ligt in de industrie waar de verbruiken bijna systematisch onderschat worden in het modelresultaat ten opzichte van MIRA. Deze onderschatting resulteert uit het gebruik van de verdeelsleutels 2010 op historische verbruiken voor 2005. Dit gegeven heeft een potentiële invloed op al de Vlaamse resultaten.

6.1.4. Broeikasgasemissies Vlaanderen 2005

In onderstaande tabel worden brandstofgerelateerde Vlaamse broeikasgasemissies in het modelresultaat voor 2005 vergeleken met de broeikasgasemissies 2005 volgens MIRA.

De verschillen tussen het modelresultaat en MIRA kunnen afwijken omwille van drie verschillende redenen. De eerste mogelijke oorzaak is een afwijkende veronderstelling van emissiefactor voor de verschillende brandstoffen. Een tweede mogelijke oorzaak is een verschil in het veronderstelde achterliggende energieverbruik. Ten derde kan de verdeelsleutel Vlaanderen/België, die opgesteld is op basis van energieverbruik, afwijken van de verdeling van broeikasgassen tussen Vlaanderen en België. In de analyse wordt waar mogelijk de oorzaak van eventuele afwijkingen geduid.

De bespreking van de resultaten richt zich op brandstofgerelateerde CO₂-emissies omdat deze het meest omvangrijk zijn en bovendien is de verklaring voor eventuele afwijkingen dezelfde voor de verschillende broeikasgassen. De broeikasgasemissies gerelateerd aan internationale lucht – of zeevaartbunkers zijn niet mee opgenomen.

Tabel 10: Broeikasgasemissies 2005 Vlaanderen modelresultaat vs. MIRA in kton³⁴

Sector	Deelsector	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	MIRA-CO ₂	MIRA-CH ₄	MIRA-N ₂ O	Diff-CO ₂	Diff-CH ₄	Diff-N ₂ O
Energie	Aardgas				115	0.001	0.006	-115	-0.001	-0.006
	Elektriciteit & Warmte	7,553	0.500	0.113	16,265	0.351	0.089	-8,712	0.149	0.024
	Fossiele raffinaderijen	3,205			4,457	0.402	0.268	-1,252	-0.402	-0.268
	WKK	2,407	0.141	0.050	3,208	0.061	0.002	-801	0.080	0.047
Totaal Energie		13,166	0.640	0.162	24,045	0.815	0.365	-10,879	-0.175	-0.203
Handel en diensten	Handel en diensten	4,406	0.537	0.022	3,691	0.829	0.040	715	-0.292	-0.018
Huishoudens	Huishoudens	12,278	4.060	0.091	13,097	3.751	0.093	-819	0.309	-0.002
Industrie	Andere industrieën	4,645	0.136	0.021	3,664	1.018	0.264	981	-0.882	-0.243
	Chemie	4,262	0.108	0.013	6,878	0.000	0.000	-2,616	0.108	0.013
	Metaal	9,448	0.753	0.112	5,079	1.964	0.000	4,369	-1.211	0.112
	Papier	32	0.002	0.000	327	0.000	0.000	-295	0.002	0.000
Totaal Industrie		18,387	0.999	0.146	15,949	2.982	0.264	2,438	-1.983	-0.117
Landbouw		2,139	0.307	0.017	2,093	0.495	0.014	47	-0.188	0.004
Transport	Binnenvaart	592	0.025	0.021	243	0.007	0.006	349	0.019	0.015
	Luchtvaart	173	0.003	0.006	2	0.001	0.000	171	0.002	0.006
	Spoorverkeer	59	0.001	0.002	70	0.005	0.001	-12	-0.004	0.001
	Wegverkeer	13,514	0.513	0.492	12,796	0.837	0.449	718	-0.324	0.043
Totaal Transport		14,338	0.543	0.522	13,111	0.850	0.456	1,226	-0.307	0.066
Totaal		64,713	7.087	0.961	71,985	9.722	1.231	-7,273	-2.636	-0.271

Bron: VITO (2012)

³⁴ Broeikasgasemissies voor binnenlandse zeescheepvaart zijn niet opgenomen in de MIRA totalen. Dit om de vergelijkbaarheid met het modelresultaat te garanderen.

Energie

De afwijking op het gebied van CO₂-emissies tussen het Belgisch modelresultaat en de emissie inventaris zet zich door naar het Vlaams modelresultaat ten opzichte van MIRA. Deze stijging is te wijten aan het verschil in verdeling Vlaanderen/België wat betreft energieverbruik in de energiesector tussen 2005 en 2010. De verdeling bedraagt in 2005 78 % en in 2010 68 %. In de module voor nacalculatie wordt de verdeling voor 2010 in basisjaar 2005 toegepast waardoor minder CO₂-emissies aan Vlaanderen worden toegewezen en bijgevolg wordt het verschil groter.

Handel en diensten

Het CO₂-emissieverschil tussen de emissie inventaris en het modelresultaat voor handel en diensten is kleiner dan het verschil op Belgisch niveau. De afname in het absolute verschil is in lijn met de verwachtingen op basis van de Vlaamse verdeelsleutel.

Huishoudens

Bij huishoudens wordt het CO₂-emissieverschil tussen het modelresultaat en de emissie inventaris aanzienlijk kleiner voor de Vlaamse resultaten dan voor de Belgische resultaten. Deze afwijking tussen de verschillen is te verklaren door een wijzigende verdeling Vlaanderen/België wat betreft het finale energieverbruik tussen 2005 en 2010. De verdeling stijgt van 59 % in 2005 tot 63 % in 2010. In de module voor nacalculatie wordt de verdeling voor 2010 in basisjaar 2005 toegepast waardoor meer CO₂-emissies aan Vlaanderen worden toegewezen en bijgevolg het verschil kleiner wordt.

Industrie

De verschillen tussen het modelresultaat en de emissie inventaris dalen allemaal ongeveer in lijn met de Vlaamse verdeelsleutels voor alle sectoren uitgezonderd de sectorgroep metaal (ijzer en staal, non-ferro). Bij deze sectorgroep is er nog een sterke stijging in het verschil. Deze verhoging is te wijten aan een afwijkende verhouding tussen Vlaanderen en België wat betreft het energieverbruik bij ijzer en staal productie in 2005 en 2010. De verdeelsleutel in de module voor nacalculatie is gebaseerd op de gegevens van 2010 waar de verdeling Vlaanderen/België 71 % bedroeg terwijl de verdeling in 2005 slechts 54 % bedroeg. In de module voor nacalculatie wordt de verdeling voor 2010 in basisjaar 2005 toegepast waardoor meer CO₂-emissies aan Vlaanderen worden toegewezen en bijgevolg het verschil groter wordt.

Landbouw

Het verschil in CO₂-emissies in de landbouwsector tussen het modelresultaat en de emissie inventaris blijft zeer klein in het Vlaamse resultaat.

Transport

Met uitzondering van de lokale luchtvaart emissies sluiten de transport gerelateerde CO₂-emissies in het Vlaams modelresultaat kort aan bij de emissie inventaris. Het verschil op het Vlaams resultaat wijkt af van het verschil op het Belgisch resultaat. Deze afwijking komt voort uit een wijzigende verhouding Vlaanderen/België wat betreft finaal energieverbruik bij wegtransport. De verhouding in 2005 bedraagt 51 % en in 2010 54 %. In de module voor nacalculatie wordt de verdeling voor 2010 in basisjaar 2005 toegepast waardoor meer CO₂-emissies aan Vlaanderen worden toegewezen en bijgevolg het verschil groter wordt.

De afwijkende emissies van lokale luchtvaart komen voort uit de significante afwijking in het brandstofverbruik.

6.2. Toekomstpad 2020 - 2050

In voorgaande analyse lag de focus op het Belgisch en Vlaams modelresultaat voor basisjaar 2005 van het Belgisch TIMES model. Hierbij werd aandacht besteed aan de correctheid van het modelresultaat in het basisjaar en niet aan het voorgestelde toekomstpad. Aansluitend daarop volgt in onderstaande de analyse van het toekomstpad in het modelresultaat. Deze analyse gebeurt op een grafische manier op een hoog aggregatie niveau. Voor de verschillende aspecten van het energiesysteem wordt telkens een bespreking van de algemene tendensen toegevoegd. In onderstaande wordt alleen het Vlaams modelresultaat geanalyseerd omdat het representatief is voor de resultaten van een MIRA toekomstverkenning.

Er worden twee verschillende scenario's gebruikt voor onderstaande analyse. In beide scenario's wordt de vraag naar nuttige energiediensten als niet-elastisch gedefinieerd. Het optimalisatie algoritme houdt de vraag dus constant en laat ze niet toe - of afnemen op basis van de kost van energiediensten.

Het eerste scenario dat opgenomen wordt is een referentiescenario REF waar geen beleidsdoelstellingen worden opgelegd. Het tweede scenario LCARB (Low-CARBon) veronderstelt een beleidsdoelstelling op het gebied CO₂-emissies. Het veronderstelde CO₂-emissiereductie pad is procentueel uitgedrukt ten opzichte van de CO₂-emissies in 2005. In onderstaande tabel wordt dit weergegeven.

Tabel 11: Beleidsdoelstelling CO₂-emissiereductie, uitgedrukt ten opzichte van CO₂-emissie 2005

Modeljaar	CO ₂ reductie percentage
2005	0 %
2020	5 %
2030	30 %
2040	50 %
2050	58 %

Bron: VITO (2012)

Twee andere belangrijke aannames in beide scenario's is het verbod op investeringen in nieuwe nucleaire installaties en de veronderstelling dat CCS³⁵ op commerciële schaal beschikbaar wordt vanaf 2020.

De analyse van het toekomstpad richt zich eerst op de elektriciteit – en warmte opwekking. De hoeveelheid opgewekte warmte en elektriciteit, en het energieverbruik dat hiervoor nodig is, worden voor toekomstjaren 2020, 2030, 2040 en 2050 op een grafische manier verduidelijkt. Bijkomend worden de energiegerelateerde CO₂-emissies die voortvloeien uit deze activiteiten grafisch toegelicht.

In een tweede deel van de analyse wordt het geheel van de sectoren bekeken. De energiebalans per sector en per type energie wordt grafisch verduidelijkt voor toekomstjaren 2020, 2030, 2040 en 2050. Ook hierbij worden de energiegerelateerde CO₂-emissies grafisch verduidelijkt.

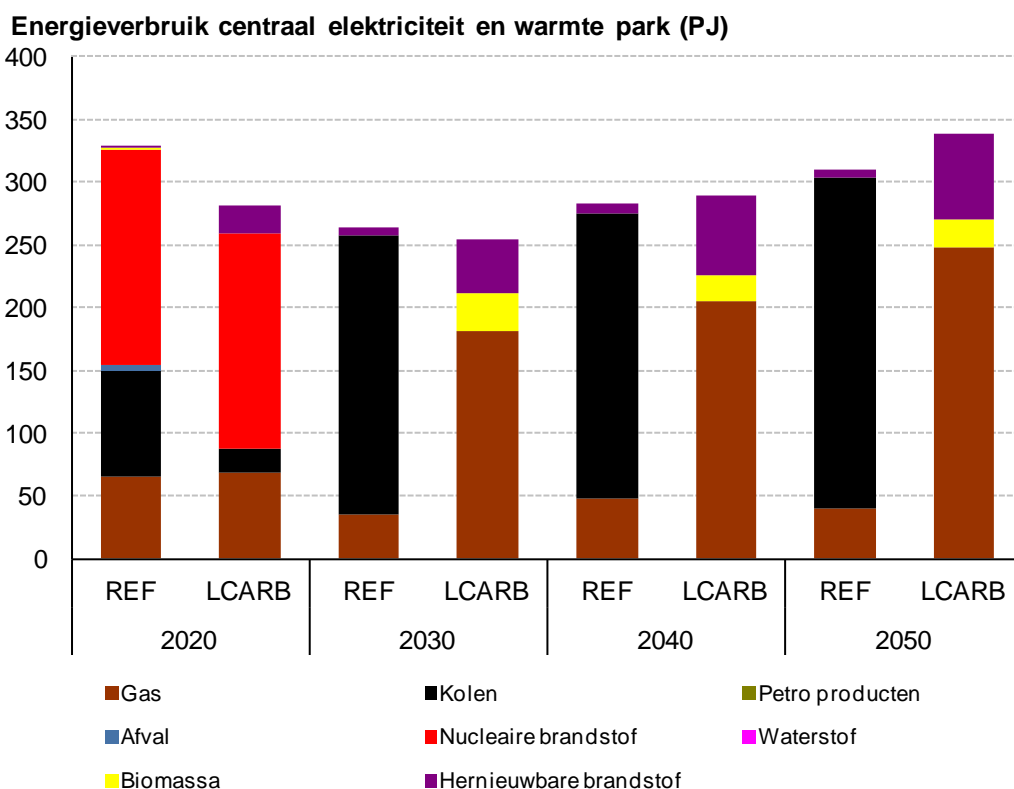
³⁵ CCS: Carbon Capture and Storage: CO₂ wordt uit afgassen gescheiden en ondergronds opgeslagen.

6.2.1. Toekomstpad voor warmte - en elektriciteitproductie

Energieverbruik centrale elektriciteit - en warmte productie

Onderstaande figuur geeft weer welke energiedragers in het Vlaams modelresultaat in de toekomstjaren worden ingezet om warmte en elektriciteit op een gecentraliseerde manier op te wekken.

Figuur 1: Vlaams modelresultaat energieverbruik centraal elektriciteit en warmte park in PJ



Bron: VITO (2012)

In het REF scenario tekent zich een duidelijke tendens af van kolencentrales die de verplichte afbouw van nucleaire centrales opvangen. Gegeven het economisch voordeel dat kolen geniet ten opzichte van andere energiedragers en het ontbreken van CO₂-emissie doelstellingen in het REF scenario is dit een kostenefficiënte oplossing.

In het LCARB scenario is de inzet van kolencentrales nagenoeg onbestaande. De afnemende nucleaire capaciteit wordt opgevangen door gascentrales. Het model kiest bovendien voor de inzet van gascentrales met CCS waarbij het grootste deel van de resulterende CO₂-emissies wordt afgevangen en ondergronds opgeslagen. Bovenop de inzet van gas is een aanzienlijke inzet van biomassa en hernieuwbare energie zichtbaar. De gebruikte biomassa voor elektriciteitproductie bestaat grotendeels uit hout. Ook hierbij kiest het model voor hout stook met CCS. Aangezien biomassa op zich al CO₂-neutraal is zorgt de afvang van CO₂-emissies voor een negatieve koolstofbalans. Er is een netto stroom van koolstof uit de lucht naar de ondergrond. Op deze manier worden de moeilijk te reduceren CO₂-emissies in andere sectoren op een kostenefficiënte manier gecompenseerd. Het aandeel hernieuwbare energie in 2050 bestaat ruwweg uit ½ windenergie, ¼ zonenergie en ¼ geothermische energie. Het aandeel windenergie in 2050 bestaat zelf voor 80 % uit offshore installaties en voor 20 % uit onshore installaties.

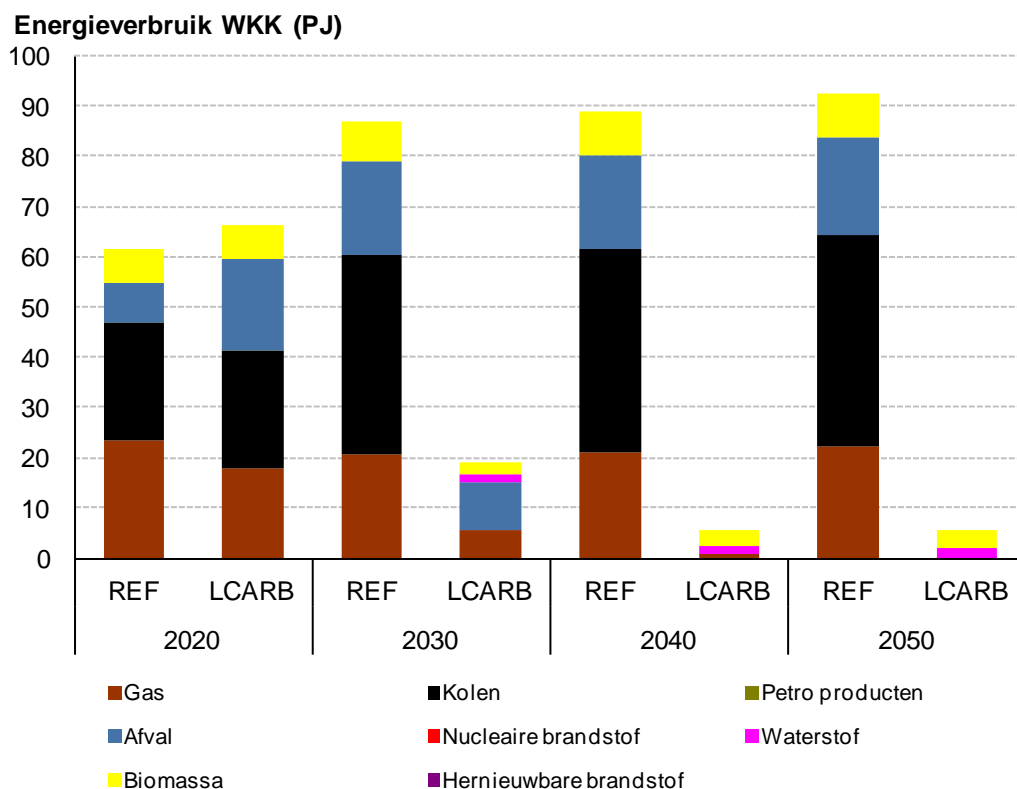
In bovenstaande modelresultaten wordt het niet hernieuwbaar gedeelte van afval alleen maar energetisch aangewend in het REF scenario 2020. In de latere modeljaren evenals bij het LCARB scenario wordt dit afval niet langer verwerkt in het energiesysteem. Gegeven de ladder van Lansink,

waar het storten van afval minder wenselijk is dan het verbranden met energierecuperatie, kan deze modeloptimalisatie in vraag gesteld worden. Een evaluatie hiervan kan deel uitmaken van de verdere analyse van afvalstromen zoals beschreven in het hoofdstuk met vragen voor verder onderzoek.

Energieverbruik WKK

In volgende figuur wordt het energieverbruik in het Vlaams modelresultaat voor de opwekking van elektriciteit en warmte met WKK weergegeven.

Figuur 2: Vlaams modelresultaat energieverbruik WKK installaties in PJ



Bron: VITO (2012)

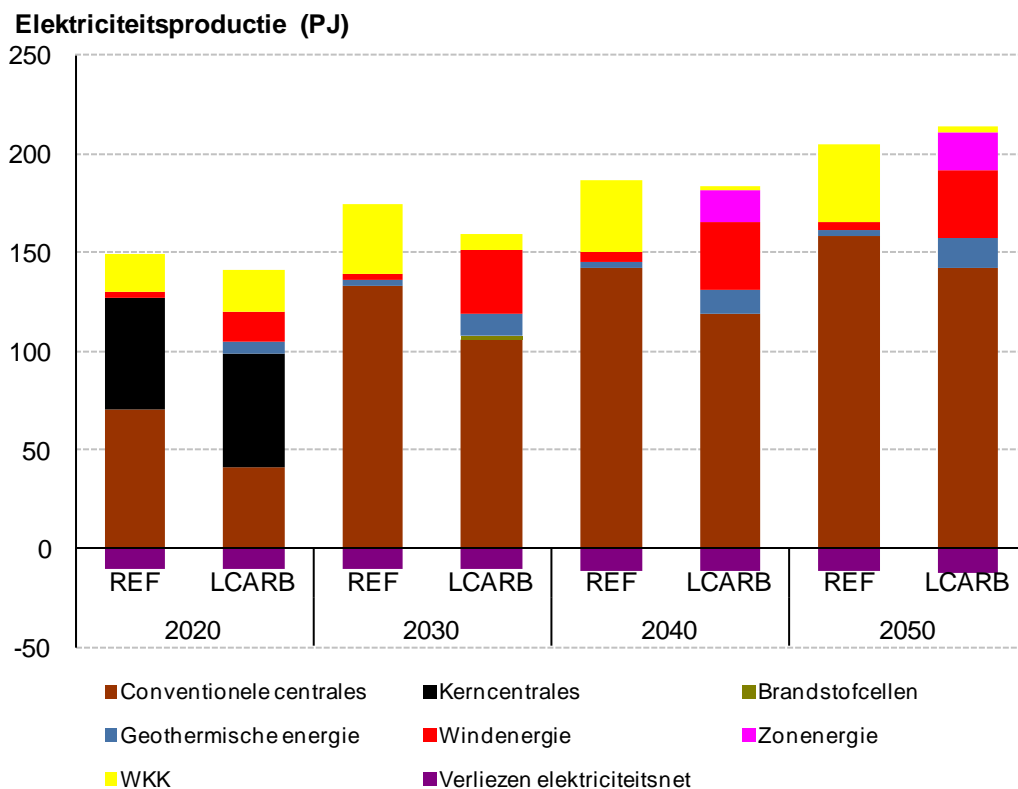
In het REF scenario wordt in de toekomstjaren een mix van gas, kolen, afval en biomassa gebruikt voor de opwekking van elektriciteit en warmte. De totale hoeveelheid gebruikte energie stijgt maar de mix blijft relatief stabiel. Van 2020 tot 2050 is er een toename van de inzet van WKK.

In het LCARB tekent zich vanaf 2030 een sterke afname van de inzet van WKK af. In 2040 en 2050 wordt bijna geen gebruik meer gemaakt van WKK. De helft van de resterende WKK wordt gestookt op vloeibare biomassa als restproduct uit de papier industrie. De andere helft bestaat uit brandstofcellen op waterstof die zowel warmte als elektriciteit leveren. Het wegvallen van WKK komt voort uit de CO₂ beleidsdoelstelling en het ontbreken van economisch rendabele CCS mogelijkheden op kleinere decentrale installaties. Het model kiest ervoor het resterend gedeelte fossiele brandstoffen en schaarse biomassa in te zetten in het centrale energiepark. Daar kan CO₂ afgevangen en opgeslagen worden.

Technologiemix elektriciteitsproductie

Volgende figuur toont de opgewekte hoeveelheid elektriciteit en de technologiemix die daarvoor aangewend wordt in het Vlaams modelresultaat.

Figuur 3: Vlaams modelresultaat elektriciteitproductie in PJ



Bron: VITO (2012)

De opgewekte hoeveelheid elektriciteit is initieel hoger in het REF scenario maar in 2050 stijgt het LCARB scenario boven het REF scenario uit. Door de toenemend strengere beleidsdoelstelling op CO₂-emissies in het LCARB scenario biedt een verdere elektrificatie van energiediensten een kostenefficiënt alternatief. Zoals eerder vermeld kunnen grote centrale elektriciteitscentrales met CCS worden uitgerust waardoor de opgewekte elektriciteit een koolstofarme energiebron wordt.

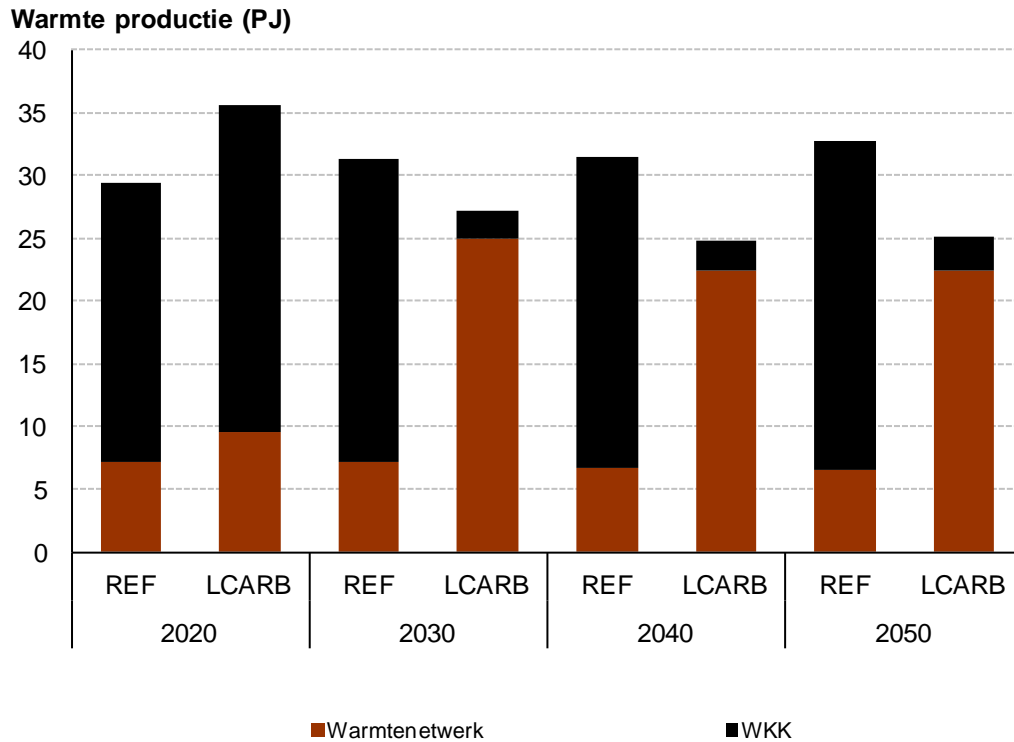
Zowel het REF als het LCARB scenario hebben een basis van conventionele centrales. Bij het REF scenario zijn dit kolengestookte installaties. Bij het LCARB scenario zijn dit gasgestookte installaties met CCS.

Specifiek aan het REF scenario is het gebruik van WKK bovenop de conventionele centrales. Bij het LCARB scenario wordt deze bijkomende capaciteit ingevuld door hernieuwbare energie met in 2050 ongeveer ½ windenergie, ¼ geothermische energie en ¼ zonenergie. Het aandeel windenergie in 2050 bestaat voor 80 % uit offshore installaties en voor 20 % uit onshore installaties.

Technologiemix warmteproductie

Volgende figuur toont de hoeveelheid opgewekte warmte en de technologieën die daarvoor zijn aangewend in het Vlaams modelresultaat. Warmte die decentraal in niet-WKK installaties wordt opgewekt, bijvoorbeeld huishoudelijke verwarmingsketels, is hierin niet opgenomen.

Figuur 4: Vlaams modelresultaat warmteproductie in PJ



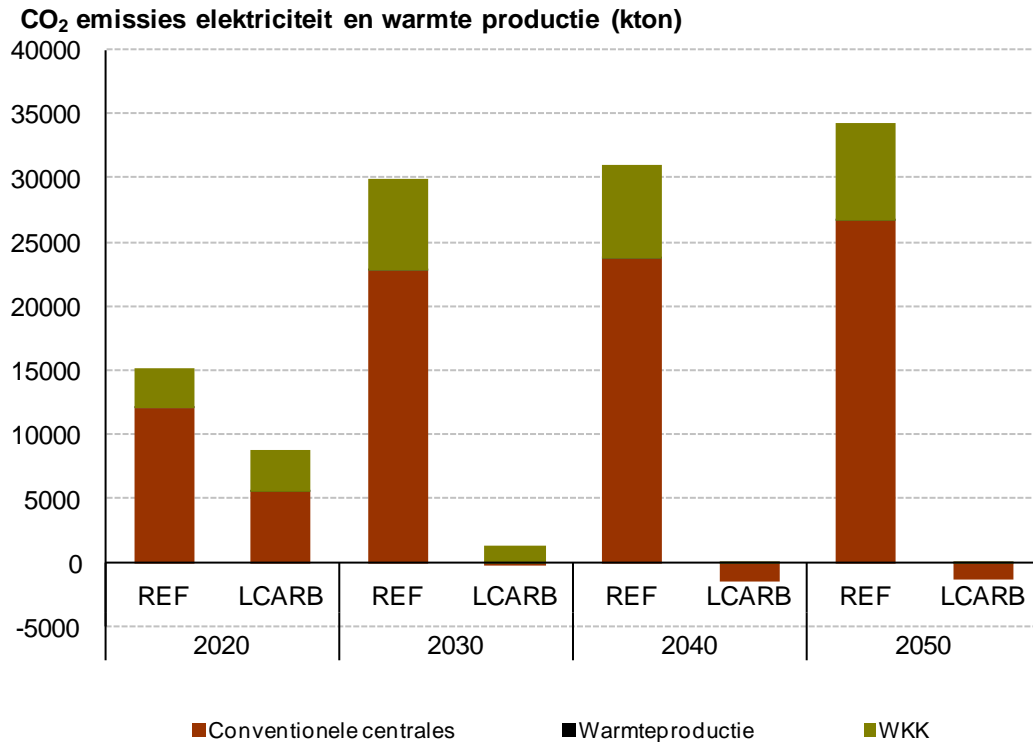
Bron: VITO (2012)

Uit bovenstaande figuur is een duidelijk onderscheid tussen het REF scenario en het LCARB scenario zichtbaar. De technologische mix in het REF scenario blijft constant in de tijd. In het LCARB scenario daarentegen tekent zich een verschuiving van WKK installaties naar een centraal warmtenetwerk af. Het rendement van een warmtenetwerk is meer efficiënt dan een WKK indien alleen het warmte deel wordt bekeken. Bijgevolg heeft het model de mogelijkheid om met een lager energieverbruik en minder CO₂-emissies de warmtevraag te voldoen. De opwekking van elektriciteit wordt vervolgens toegewezen aan CO₂-neutrale technologieën.

Energiegerelateerde CO₂-emissies bij opwekking van elektriciteit en warmte

Volgende figuur toont de CO₂-emissies gerelateerd aan het energieverbruik bij de opwekking van warmte en elektriciteit.

Figuur 5: Vlaams modelresultaat energiegerelateerde CO₂-emissies elektriciteit en warmte productie in kton



Bron: VITO (2012)

In het REF scenario is er een sterke stijging van de CO₂-emissies van 2020 naar 2050. Dit is een gevolg van de overschakeling van nucleaire installaties naar kolen gestookte installaties bij elektriciteitsproductie. In het REF scenario is geen CO₂-doelstelling opgelegd en bijgevolg wordt de meest kost efficiënte oplossing gekozen met als neveneffect een hoge CO₂-emissie.

In het LCARB scenario wordt vanaf 2040 een negatieve CO₂-emissie zichtbaar. Deze negatieve koolstofbalans is het resultaat van fossiele brandstoffen met CCS, hernieuwbare energie en biomassa met CCS. Het is de combinatie van biomassa en CCS die ervoor zorgt dat er meer CO₂ in de ondergrond gaat dan er vrijkomt bij verbrandingsprocessen.

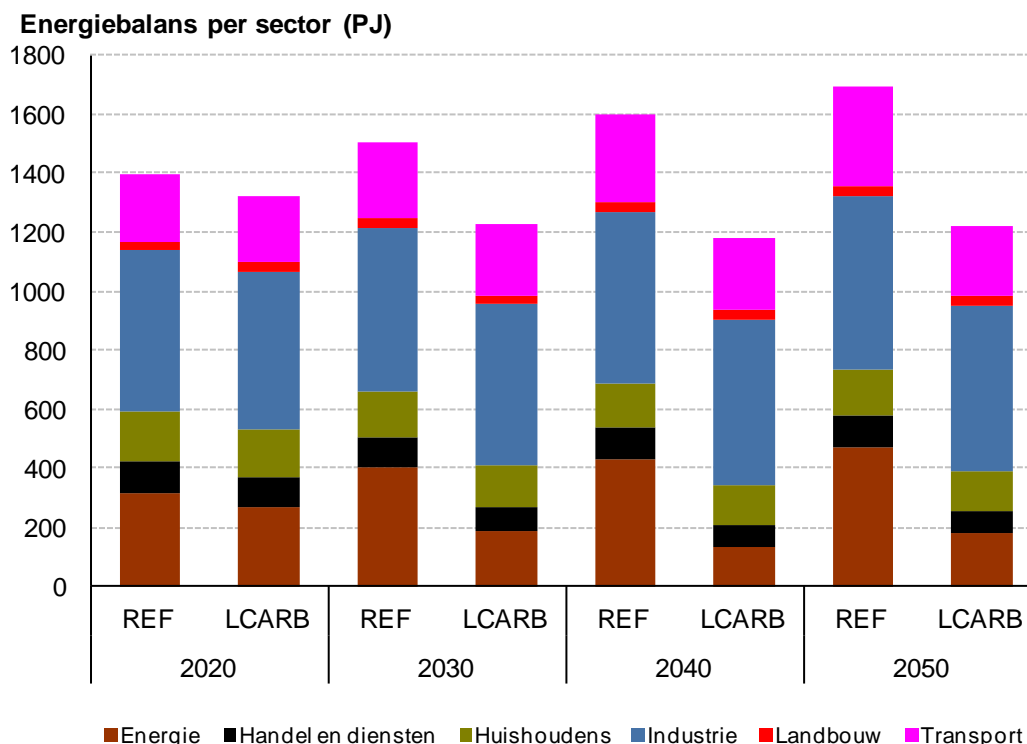
6.2.2. Toekomstpad voor alle sectoren

Na de afzonderlijke analyse van de warmte - en elektriciteit opwekking volgt nu een globaal overzicht over alle sectoren in Vlaanderen.

Energiebalans per sector

Onderstaande figuur toont de gecumuleerde energiebalans per sector voor het Vlaamse modelresultaat in de toekomstjaren.

Figuur 6: Vlaams modelresultaat energiebalans per sector in PJ



Bron: VITO (2012)

Vanaf 2030 is het totale energieverbruik aanzienlijk lager in het LCARB scenario dan in het REF scenario. Het totale energieverbruik neemt af door middel van behaalde efficiëntie winsten en niet door middel van een vraagvermindering. Dit is in lijn met de eerder vermelde assumptie van een niet-elastische vraag. De behaalde efficiëntie winst situeert zich in de energie sector, wegtransport en handel en diensten.

In de energiesector wordt in het LCARB scenario gekozen voor gasgestookte installaties en hernieuwbare energie dewelke niet aanwezig zijn in het REF scenario. Het rendement van een gascentrale ligt hoger dan het rendement van een kolencentrale. Daarboven komt een verondersteld rendement van 100 % bij hernieuwbare³⁶ energie zoals zon, wind en grondwarmte. Door deze efficiëntie stijging wordt de energiebalans bestaande uit ingaande energie minus uitgaande warmte en elektriciteit aanzienlijk kleiner in het LCARB scenario dan in het REF scenario.

Bij wegtransport wordt in het LCARB scenario uitgebreid gebruik gemaakt van zware vrachtwagens op elektriciteit en waterstof waarbij een veel hoger rendement wordt behaald dan met diesel aangedreven vrachtwagens die in het REF scenario ingezet worden.

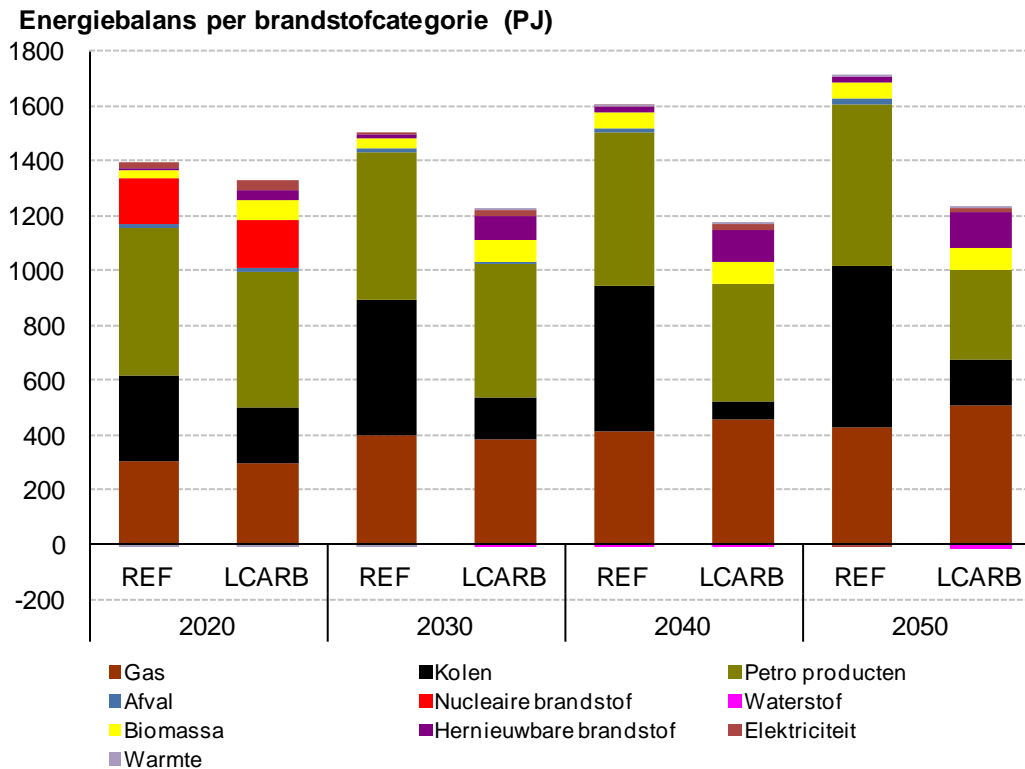
De efficiëntie winst in het LCARB scenario bij handel en diensten bestaat uit een aanzienlijk meerverbruik van warmtepompen en energie efficiëntie maatregelen ten opzichte van het REF scenario.

³⁶ Hernieuwbare energie (o.a. wind, zon en geothermie) die gebruikt wordt op stroom en/of warmte/koeling op te wekken is dus mee verrekend in figuur 6, met een verondersteld rendement van 100 %.

Energiebalans per energiecategorie

Onderstaande figuur toont het totaal energieverbruik voor alle sectoren per energiecategorie in het Vlaams modelresultaat.

Figuur 7: Vlaams modelresultaat energiebalans per energiecategorie in PJ



Bron: VITO (2012)

Het totaal energieverbruik is lager in het LCARB scenario dan in het REF scenario. Dit minderverbruik resulteert uit gerealiseerde efficiëntie winsten in de energie sector, bij wegtransport en bij handel en diensten. De technische invulling hiervan is reeds besproken bij de energiebalans per sector in PJ.

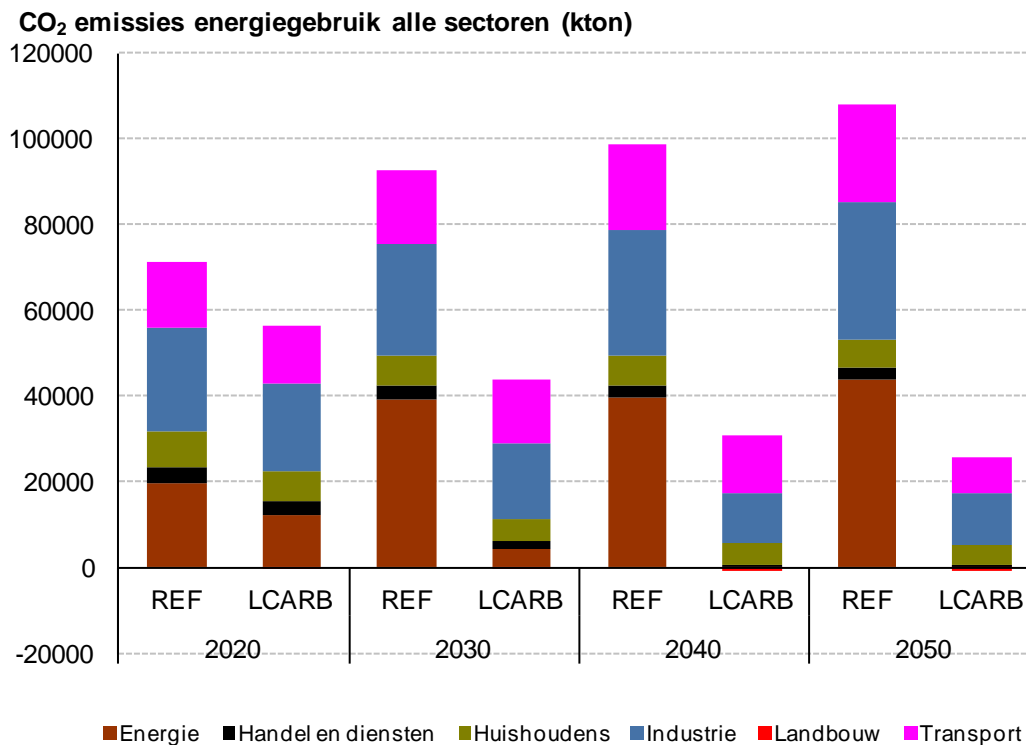
In het totale energieverbruik is het gasverbruik licht hoger in het LCARB scenario dan in het REF scenario. Het gebruik van de andere fossiele brandstoffen, kolen en petro producten, is echter veel lager in het LCARB scenario dan in het REF scenario. Dit minderverbruik van fossiele brandstoffen wordt in het LCARB scenario opgevangen door het gebruik van biomassa en hernieuwbare energie.

Elektriciteit, warmte en waterstof zijn niet zichtbaar in de energiebalans per energiecategorie omdat productie en consumptie elkaar opheffen met uitzondering van netto import of netto export.

Energiegerelateerde CO₂-emissies over alle sectoren

Onderstaande figuur toont al de energiegerelateerde CO₂-emissies per sector voor het Vlaams modelresultaat.

Figuur 8: Vlaams modelresultaat energiegerelateerde CO₂-emissies per sector in kton



Bron: VITO (2012)

De CO₂-emissies in het LCARB scenario zijn aanzienlijk lager dan in het REF scenario. Dit is een rechtstreeks gevolg van de CO₂ beleidsdoelstelling die in het LCARB scenario wordt opgelegd.

De CO₂-emissiereductie in het LCARB scenario schommelt rond 100 % in de energiesector met een netto CO₂-balans uit de lucht naar de ondergrond. Deze reductie wordt gerealiseerd door middel van grootschalige inzet van CCS en hernieuwbare energie.

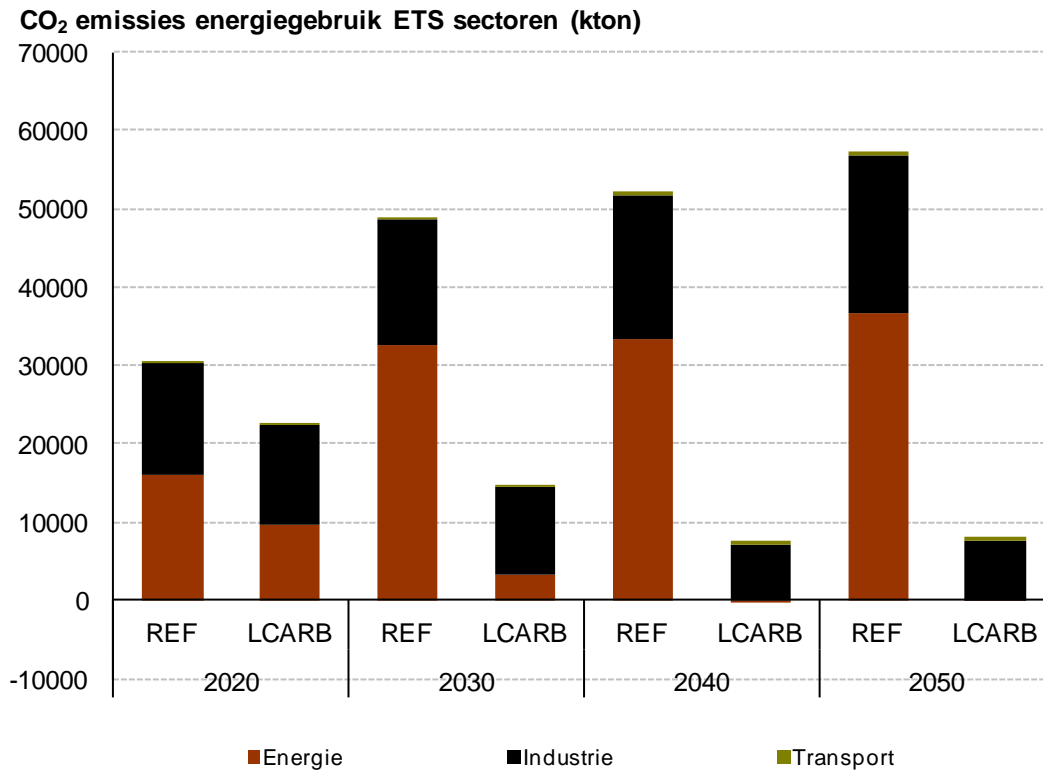
De CO₂-emissie bij handel en diensten wordt bijna volledig vermeden in het LCARB scenario door middel van elektrische warmtepompen en energie efficiëntie maatregelen.

Bij industrie, huishoudens en transport daalt de CO₂-emissie aanzienlijk. Aangezien de beleidsdoelstelling nog steeds een deel CO₂-emissies toelaat zal het model in het LCARB scenario geen verdere afwijking van het kosten optimale REF scenario voorstellen.

Energiegerelateerde CO₂-emissies ETS sectoren

Onderstaande figuur toont de energiegerelateerde CO₂-emissies van het Vlaams modelresultaat voor de ETS sectoren.

Figuur 9: Vlaams modelresultaat energiegerelateerde CO₂-emissies ETS sectoren in kton



Bron: VITO (2012)

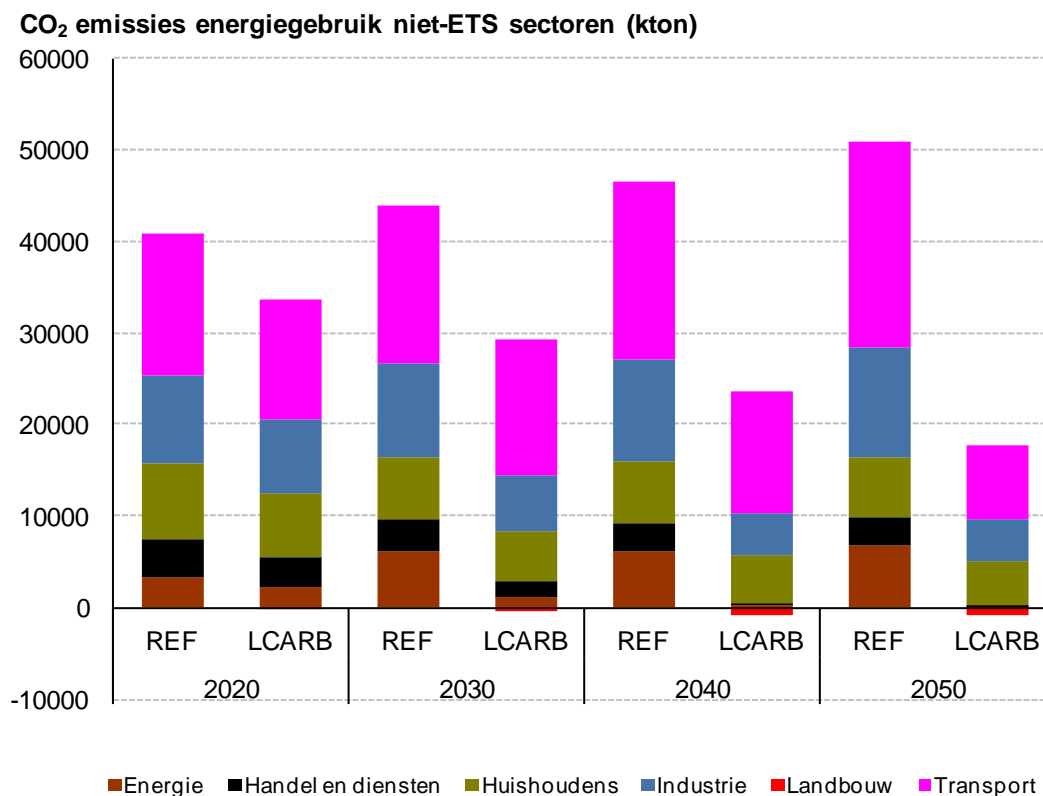
De energie gerelateerde CO₂-emissies in de ETS sectoren stijgen sterk van 2020 tot 2050 in het REF scenario. Deze stijging is grotendeels toe te schrijven aan de hoge inzet van kolengestookte elektriciteitscentrales vanaf 2030. Bovenop de stijging van CO₂-emissies door inzet van kolengestookte elektriciteitscentrales, is er een bijkomend lichte stijging merkbaar in zowel de energiesector als de industrie. Deze stijging heeft een minder uitgesproken karakter en ligt in lijn met de vraagtoename.

In het LCARB scenario tekent zich een sterke daling van energiegerelateerde CO₂-emissies af in de ETS sectoren. De CO₂-emissies in de energiesector vallen helemaal weg door de inzet van hernieuwbare energie en CCS. Ook de industrie realiseert een belangrijke CO₂-emissiereductie. Hiervoor wordt in hoofdzaak CCS op industriële processen geïmplementeerd. Bijkomend wordt er in de industrie ook gebruik gemaakt van meer efficiënte productieprocessen.

Energiegerelateerde CO₂-emissies niet-ETS sectoren

Onderstaande figuur toont de energiegerelateerde CO₂-emissies van het Vlaams modelresultaat voor de niet-ETS sectoren.

Figuur 10: Vlaams modelresultaat energiegerelateerde CO₂-emissies niet-ETS sectoren in kton



Bron: VITO (2012)

In het REF scenario is er een lichte stijging merkbaar in de energiegerelateerde CO₂-emissies van de niet-ETS sectoren van 2020 tot 2050. Deze stijging ligt in lijn met de vraagtoename in het model. Wegens het ontbreken van een CO₂ beleidsdoelstelling in dit scenario worden er geen emissiereductie maatregelen genomen.

In het LCARB scenario tekent zich een sterke daling af van de energiegerelateerde CO₂-emissies van de niet-ETS sectoren. Het niet-ETS gedeelte van de energiesector realiseert een CO₂-emissiereductie van bijna 100 %. Dit wordt behaald door een combinatie van CCS op enkele grote WKK turbines en de afbouw van WKK zoals reeds eerder besproken bij het hoofdstuk over elektriciteitproductie. De CO₂-emissiereductie bij industrie wordt gerealiseerd met een combinatie van CCS en meer energie-efficiënte processen. Bij huishoudens wordt de CO₂-emissiereductie gerealiseerd met behulp van elektrische warmtepompen en bijkomende isolatie. Bij handel en diensten worden de oorspronkelijke CO₂-emissies bijna volledig vermeden door grootschalig gebruik van elektrische warmtepompen en energie-efficiëntie maatregelen. Bij transport wordt zowel voor personentransport als vrachtvervoer voor hybride voertuigen gekozen wat resulteert in een aanzienlijk CO₂-emissiereductie. De situatie bij landbouw ten slotte is uitzonderlijk aangezien hier een negatieve CO₂-balans wordt gerealiseerd. Er wordt CO₂ opgeslagen door middel van bebossing.

6.2.3. Conclusie toekomstpad 2020 - 2050

Zoals vooropgesteld in de beleidsdoelstelling wordt in het LCARB scenario door het model actief gekozen voor technologieën met een lage CO₂-emissie. Deze technologieën worden gespreid over de verschillende sectoren en hebben invloed op het verbruik van bijna alle energiecategorieën.

De belangrijkste lijnen die het modelresultaat naar voor brengt om een CO₂-emissiereductie te realiseren zijn:

- mindergebruik van fossiele brandstoffen;
- inzet van CCS technologie op het afgas van fossiele brandstoffen en biomassa;
- meergebruik van gezuiverde energiebronnen zoals elektriciteit, warmte en waterstof waarbij het afgas bij opwekking wordt behandeld;
- meergebruik van biomassa in oorspronkelijke vorm (hout) of opgewaardeerd (biobrandstoffen);
- meergebruik van hernieuwbare energie;
- inzet van energie efficiëntie maatregelen om de energievraag te beperken.

7. Aanbevelingen voor verder onderzoek

Het doel van deze studie met voorliggend rapport was het ontwikkelen van een methodiek om Vlaamse ETS en niet-ETS resultaten te baseren op Belgische resultaten van het TIMES model. Bij het uitvoeren van deze studie zijn er nog punten voor verder onderzoek in het Belgisch TIMES model duidelijk geworden. Het vergt aanbeveling dit geheel of gedeeltelijk te bekijken voordat het Belgisch TIMES model met de nieuwe module wordt ingezet voor Vlaamse toekomstverkenningen.

7.1. Basisgegevens Belgisch TIMES model

Het verdient aanbeveling onderstaande basisgegevens van het Belgisch TIMES model eerst nog te verifiëren voordat een toekomstverkenning wordt aangevangen: Deze basisgegevens bepalen voor de eerste modeljaren (2005 - 2015) deels de oplossing van het optimalisatie algoritme. Immers de bestaande installaties kunnen ingezet worden zonder dat daarvoor een investeringskost wordt aangerekend. In de verdere modeljaren is de startsituatie minder van belang omdat bestaande installaties het einde van hun levensduur bereiken en het optimalisatie algoritme sowieso een vervanging van de installatie plant. Zowel de performante als de minder performante technologische alternatieven dragen dan een investeringskost. De historische situatie wordt bijgevolg irrelevant.

Indien het basisjaar van het Belgisch TIMES model verschuift naar 2010 worden deze basisgegevens sowieso allemaal gewijzigd. De aanbevolen verificatie komt dan te vervallen.

- Elektriciteitsvraag huishoudens
- Gasverbruik huishoudens
- Beperking op het kolengebruik bij WKK installaties
- Beperking op optimalisatie vrijheid kolengebruik andere sectoren
- Niet-energetisch verbruik van petro producten in de chemie
- Verdeling verbruik petro producten tussen lokale luchtvaart en luchtvaart bunkers
- Afvalverbranding
- Hout en houtafval verbruik energie en industrie

7.2. Modelstructuur Belgisch TIMES model

7.2.1. IJzer en staal sector CO₂-emissies

De ijzer en staal sector rapporteert teveel CO₂-emissies in het modelresultaat. Deze afwijking dient verder onderzocht te worden in de modelstructuur in combinatie met de gekozen emissiefactoren voor de verschillende processen.

7.2.2. Detailniveau van landbouwsector

De landbouwsector is op een abstract niveau gemodelleerd met één finale vraag die gebruikt wordt om het finaal energieverbruik in de landbouwsector te inventariseren. In het model is één alternatief gemodelleerd maar dit alternatief is niet technologie expliciet en stelt een efficiëntie verbetering voor.

De beperkte modelstructuur van de landbouwsector bevat bovendien geen eigen WKK installaties maar maakt gebruik van de niet sectorspecifieke WKK's of de centrale warmte opwekking.

In het kader van deze studie is de landbouwsector al uitgebreid met niet energiegerelateerde emissies van N₂O en CH₄. Voor een Vlaamse toekomstverkenning met het TIMES model zou het een meerwaarde betekenen om de vraag in de landbouwsector meer te detailleren en technologische alternatieven zoals WKK installaties expliciet te modelleren.

7.2.3. Afvalstromen

De afvalstromen in het TIMES model maken niet volledig het onderscheid tussen de biologische en niet-biologische fractie van afval per sector.

Voor een Vlaamse toekomstverkenning met het TIMES model zou een verdere opdeling van de afvalstromen de transparantie verhogen en bovendien kunnen emissies van afvalverbranding zonder energierecuperatie mee opgenomen worden.

Voor het niet-hernieuwbaar deel van de afvalverbranding wordt de afvalverbranding met energierecuperatie in de latere modeljaren ook afgebouwd. De parameters van deze processen in het model worden best geverifieerd op waarschijnlijkheid om deze tendens te bevestigen.

De informatievergaring en modellering van afvalstromen zijn beiden tijdsintensief. Gezien de beperkte informatieve waarde voor het energievraagstuk zelf is het bediscussieerbaar of deze aanpassing een hoge prioriteit heeft.

7.2.4. Aardgastransport

Het aardgastransport in het Belgisch TIMES model ontbreekt momenteel aan diffuse emissies. Dit komt deels voort uit de modelstructuur maar ook uit de vrijheidsgraden waarmee het model aardgas kan aanleveren.

Het verdient aanbeveling de modelstructuur omtrent aardgastransport verder te verfijnen indien de diffuse emissies hiervan expliciet moeten gerapporteerd worden. Als een alternatieve oplossing kunnen diffuse emissies van aardgastransport los van de modeloptimalisatie worden bepaald maar dan moet het variërend aardgasgebruik in de scenario's in acht worden genomen.

7.2.5. Detailniveau raffinage

Raffinage activiteiten zijn momenteel met een relatief beperkt detailniveau gemodelleerd. Een verdere uitwerking van deze activiteiten in het model kan een meerwaarde voor een toekomstverkenning betekenen. Bij toekomstscenario's met schaarse energiebronnen wordt de omzetting tussen brandstofvormen mogelijk nog belangrijker.

7.3. Module nacalculatie

7.3.1. Verdeelsleutel 3de handelsperiode ETS

Momenteel is er nog geen gedetailleerde analyse van de energetische verdeling tussen ETS en niet-ETS processen in de 3^{de} handelsperiode voor Vlaanderen beschikbaar. Indien deze beschikbaar komt verdient het aanbeveling de resultaten over te nemen in de ETS verdeelsleutels.

7.3.2. Verdeelsleutels Vlaanderen/België industriële deelsectoren

Het verschil in brandstofverbruik tussen het Vlaams modelresultaat en MIRA voor de industriële deelsectoren duidt mogelijk op een foutieve aanname omtrent de gebruikte verdeelsleutel Vlaanderen/België. Verder onderzoek naar de energierapportering bij Eurostat en de Vlaamse en Belgische emissie inventaris is noodzakelijk omdat de stelling van een foutieve verdeelsleutel ook een fout in het veronderstelde energieverbruik voor de emissie inventaris impliceert.

7.4. Modelaanname

7.4.1. Prijselasticiteit van de transportvraag

Op vraag van MIRA is de elasticiteit van de transportvraag in het Belgisch TIMES model vergeleken met de bevindingen in het OESO rapport over de prijselasticiteit van de brandstofvraag in België. [Schmitz, 2012]

In het Belgisch TIMES model wordt momenteel een prijselasticiteit van de transportvraag aangenomen van -0,3. De vraag is uitgedrukt in aantal persoonskilometers en de prijs wordt door het model bepaald als de service kost van de marginale persoonskilometer. De service kost bevat de investeringskost, operationele kost en brandstofkost.

In het OESO rapport worden verschillende waarden voor de prijselasticiteit geschat. De schatting die het kortst aansluit bij de definitie in TIMES is de schatting van effect van brandstofprijs en inkomenswijzigingen ten opzichte van het aantal voertuigkilometers. De brandstofprijselasticiteit is dan -0,09 en de inkomenselasticiteit 0,53.

Door de verschillende formulering van de elasticiteit in het OESO rapport en het TIMES model is een rechtstreekse vergelijking van de cijfers niet mogelijk. Een omrekening van de brandstofprijselasticiteit per voertuigkilometer naar een marginale kostelasticiteit per persoonskilometer lijkt onvoldoende wetenschappelijk gefundeerd zonder een gedegen analyse van de achterliggende gegevens, in het bijzonder de aannames rond de voertuigmix en de bezettingsgraad van voertuigen.

7.4.2. Basisjaar

Momenteel zijn de aannames in het Belgisch TIMES model gebaseerd op historische gegevens voor 2005 zoals gerapporteerd in de IEA/Eurostat energie bevraging. In de vergelijking van de modelresultaten voor 2005 is een afwijking tussen de gegevens voor 2005 die momenteel (juni 2012) beschikbaar zijn via de Eurostat website en de gegevens voor datzelfde jaar die bij het opmaken van het model beschikbaar waren. Het is niet ongebruikelijk om later nog correcties aan te brengen in gerapporteerde energiecijfers wat voor een deel van de verschillen een mogelijke verklaring is.

Om het modelresultaat korter bij de momenteel beschikbare historische gegevens voor 2010 te laten aansluiten is het adviseerbaar om de modelaannames te actualiseren op basis van de energierapportering van Eurostat voor 2010. Deze actualisatie is echter tijdsintensief en heeft nood aan meer gegevens dan alleen de gerapporteerde energiegegevens. Voordat deze actualisatie wordt aangevat is een afweging tussen de kost van de actualisatie en de meerwaarde van een meer accuraat modelresultaat in het basisjaar van belang. Voor optimalisaties op middellange - en lange termijn is het basisjaar minder belangrijk omdat het technologiepark bijna volledig vervangen wordt.

8. Conclusies

Het Belgisch TIMES model is in deze studie uitgebreid met een module voor nacalculatie waarmee een Vlaamse, Vlaamse ETS en Vlaams niet-ETS resultaat wordt berekend op basis van het Belgisch modelresultaat. De gebruikte methodiek en uitwerking in de module heeft specifieke sterktes en zwaktes:

- Sterktes:
 - Aanpassingen aan het Belgisch TIMES model kunnen met beperkte tijd en middelen worden opgenomen in de module. Op die manier wordt onderhoud van een afzonderlijk model vermeden.
 - Het Vlaams resultaat is steeds consistent met het Belgisch resultaat.
 - Verdeelsleutels tussen de regio's en ETS/niet-ETS processen kan makkelijk gewijzigd worden in de tijd.
- Zwaktes:
 - De kwaliteit van het Vlaams modelresultaat is gebonden aan de kwaliteit van het Belgisch modelresultaat. Model aanpassingen specifiek voor Vlaanderen zijn moeilijk te verwerken.

Het Belgisch TIMES model met de module voor nacalculatie kan worden ingezet voor een toekomstverkenning van het energiesysteem in België en Vlaanderen. Het modelresultaat komt tot stand uit een wiskundige voorstelling van het energiesysteem waarbij de vrijheidsgraden worden ingevuld vanuit een kostenminimalisering strategie. Het modelresultaat geeft inzicht in energie import, energie transformatie, finaal energieverbruik, broeikasgasemissies en de uitgaven om dit allemaal te bekostigen. Dit inzicht kan worden gebruikt bij het bepalen van een kostenoptimaal energiesysteem alsook bij het schetsen van verwachte toekomstbeelden voor het energiesysteem onder de assumptie van rationeel economisch gedrag door de betrokken actoren. Bij het bepalen van een kostenoptimaal energiesysteem biedt het modelresultaat informatie aan de gebruiker wat zijn kostenoptimale strategie is bij bepaalde maatschappelijke, economische of milieugerelateerde doelstellingen. Bij het bepalen van mogelijke toekomstbeelden wordt de veronderstelde strategie van een gebruiker tegen het licht van de energiesysteemdynamiek gehouden waarbij de realiteitszin van het verwachte strategieresultaat getoetst wordt. In beide gevallen is het doel van het model om de gebruiker te ondersteunen in hun beschouwing van een complex dynamisch energiesysteem waarbij het niet mogelijk is alle mogelijke scenario's zelf te beredeneren zonder daarbij ongewild inconsistenties in de redenering op te nemen. Het model ondersteunt het denk- en beslissingsproces van de stakeholder door de bijna oneindige set van mogelijke technologiecombinaties te herleiden tot de meest kostoptimale combinaties. Het bekomen modelresultaat geeft daarvoor niet het meest waarschijnlijke maar wel het meest kostoptimale toekomstig energiesysteem weer.

9. Referenties

Benoot W. Et al. (2011), Treating uncertainty and risk in energy systems with MARKAL/TIMES, Eindrapport Belgisch Federal Wetenschapsbeleid 2011

CRES (2011), Models/Tools Ranking using the ATEsT Specifications, http://www.atest-project.eu/pdf/ATEST_Model_Rankings.pdf

Cuypers D., Dauwe T., Aernouts K (2010), Analyse energiegegevens en CO₂-emissies onder het Europese Emissiehandelsstelsel (ETS) in vergelijking met totaal energieverbruik en CO₂-emissies in Vlaanderen. Studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij, MIRA, MIRA/2010/02, VITO.

EIA (2004), Energy Statistics Manual, http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_PUBLIC/NRG-2004/EN/NRG-2004-EN.PDF

Eionet (2012), Central Data Repository, <http://cdr.eionet.europa.eu/be/eu/ghgmm>

EU (2003), DIRECTIVE 2003/87/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 13 October 2003 establishing a scheme for greenhouse gas emission allowance trading within the Community and amending Council Directive 96/61/EC, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:275:0032:0046:EN:PDF>

EU (2009), DIRECTIVE 2009/29/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 23 April 2009 amending Directive 2003/87/EC so as to improve and extend the greenhouse gas emission allowance trading scheme of the Community, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0063:0087:EN:PDF>

Eurostat (2012), Energy Statistics - supply, transformation, consumption (nrg_10), http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/statistics/search_database

IPCC (2006), 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories - volume 2 – Energy, <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html>

Jespers K., Aernouts K., Vangeel S. (2011), Inventaris duurzame energie in Vlaanderen 2010

NEEDS (2009), New Energy Externalities Development for Sustainability, <http://www.needs-project.org/>

Schmitz Tom (2012), Greenhouse gas emissions and price elasticities of transport fuel demand in Belgium

VMM et al. (2012), BELGIUM'S GREENHOUSE GAS INVENTORY (1990-2010) - National Inventory Report submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol, http://cdr.eionet.europa.eu/be/eu/ghgmm/envt4u0rq/index_html?page=2

Begrippen

E-MOTION: E-MOTION is een energie - en emissie model voor transport met een geografische spreiding.

MARKAL: MARKAL is een acroniem voor "MARKal ALlocation". MARKAL is een wiskundige voorstelling van het energie systeem, bestaande uit één of meerdere regio's, dat gebruikt wordt om de energiestromen over meerder periodes te schatten.

TIMES: TIMES is een acroniem voor "The Integrated MARKAL-EFOM1 System". TIMES is een uitbreiding op het voorafgaande MARKAL model met additionele functionaliteiten.

Afkortingen

ATEST: Analysing Transition Planning and Systemic Energy Planning Tools for the implementation of the Energy Technology Information System

CCS: Carbon Capture and Storage

ETS: EU Emission Trading Scheme

EU: Europese Unie

GUI: Graphical User Interface

IEA: International Energy Agency

kton: kilo ton

NEEDS: New Energy Externalities Development for Sustainability

OESO: Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling

TJ: Terra Joule

TUMATIM: Treating Uncertainty and Risk in Energy Systems with MARKAL/TIMES

Bijlagen

Bijlage 1: Sectorindeling MIRA vs. TIMES

Tabel 12: Sectorindeling MIRA vs. TIMES

MIRA - sector	MIRA - deelsector	MIRA - activiteit	TIMES - sector	TIMES - deelsector	TIMES - activiteit
			Andere	Brandstof	Brandstof export
				Brandstof	Brandstof import
				Brandstof	Brandstof mining
				Brandstof	Brandstof omzetting - Andere
				Modeltechnisch	Modeltechnisch
				Niet toewijsbaar	Niet toewijsbaar
energie	aardgas	gasdistributie	Energie	Aardgas	Aardgas
				Aardgas	Andere emissies - Aardgas
	elektriciteit & warmte	conventionele thermische centrales		Elektriciteit & Warmte	Conventionele thermische centrales
				Elektriciteit & Warmte	Afvalverbranding met energierecuperatie
				Elektriciteit & Warmte	Brandstofcellen
				Elektriciteit & Warmte	Geothermische energie
				Elektriciteit & Warmte	Waterkracht
				Elektriciteit & Warmte	Windenergie offshore
				Elektriciteit & Warmte	Windenergie onshore
				Elektriciteit & Warmte	Zonenergie
	elektriciteit & warmte	kerncentrales		Elektriciteit & Warmte	Kerncentrales
	elektriciteit & warmte	verliezen elektriciteitsnet		Elektriciteit & Warmte	Verliezen elektriciteitsnet
	elektriciteit & warmte	warmteproductie		Elektriciteit & Warmte	Warmteproductie
				Elektriciteit & Warmte	Elektriciteit & Warmte - niet opsplitsbaar
	elektriciteit & warmte	WKK's		WKK	WKK - Handel en diensten

			WKK	WKK - Industrie
			WKK	WKK - Landbouw
			WKK	WKK - niet opsplitsbaar
	petroleumraffinaderijen	niet verder opsplitsbaar	Fossiele raffinaderijen	Fossiele raffinaderijen
			Bioraffinaderijen	Bioraffinaderijen
			Waterstof	Waterstof
			Overige energiebedrijven	Overige energiebedrijven
			Energie - niet opsplitsbaar	Brandstof omzetting - Energie
handel & diensten	gezondheidszorg	niet verder opsplitsbaar		
	handel	niet verder opsplitsbaar		
	hotels & restaurants	niet verder opsplitsbaar		
	kantoren & administratie	niet verder opsplitsbaar		
	onderwijs	niet verder opsplitsbaar		
	overige diensten	niet verder opsplitsbaar		
			Handel en diensten	Andere emissies - Handel en diensten
			Handel en diensten	Brandstof omzetting - Handel en diensten
			Handel en diensten	Handel en diensten - niet opsplitsbaar
			Handel en diensten	Isolatie
			Handel en diensten	Koeling
			Handel en diensten	Toestellen
			Handel en diensten	Verlichting
			Handel en diensten	Verwarming & Warm Water
huishoudens	niet verder opsplitsbaar	niet verder opsplitsbaar	Huishoudens	Andere emissies - Huishoudens
			Huishoudens	Brandstof omzetting - Huishoudens
			Huishoudens	Huishoudens - niet opsplitsbaar

			Huishoudens	Isolatie
			Huishoudens	Koeling
			Huishoudens	Toestellen
			Huishoudens	Verlichting
			Huishoudens	Verwarming & Warm Water
industrie	chemie	niet verder opsplitsbaar	Industrie	Chemie
				Andere emissies - Chemie
				Chemie
				Niet-energetisch - Chemie
	papier	niet verder opsplitsbaar	Papier	Papier
	metaal	ijzer & staal	Metaal	Ijzer & staal
	metaal	non-ferro	Metaal	Non-ferro
	metaal	metaalverwerkende nijverheid	Andere industrieën	Andere emissies - Andere industrieën
	textiel	niet verder opsplitsbaar		Andere industrieën - niet opsplitsbaar
	voeding	niet verder opsplitsbaar		Niet-energetisch - Andere industrieën
	overige industrie	andere industrieën		
	overige industrie	minerale niet-metaalproducten	Andere industrieën	Minerale niet-metaal producten
			Koolstof opslag	Koolstof opslag
	niet verder opsplitsbaar	gebruik van warmte en elektriciteit (laagspanning)		
	niet verder opsplitsbaar	niet-energetisch gebruik van energiebronnen buiten de chemie		
			Industrie - Niet opsplitsbaar	Brandstof omzetting - Industrie
			Industrie - Niet opsplitsbaar	Industrie - niet opsplitsbaar
			Industrie - Niet opsplitsbaar	Zelfproducenten elektriciteit
landbouw	akker- & tuinbouw	akkerbouw	Landbouw	Landbouw - niet opsplitsbaar
	akker- & tuinbouw	groenten en fruit onder glas + sierteelt		Landbouw

	akker- & tuinbouw	groenten in open lucht en fruit in open lucht			
	jacht, bosbouw, visserij & groenvoorziening	bosbouw			
	jacht, bosbouw, visserij & groenvoorziening	groenvoorziening			
	jacht, bosbouw, visserij & groenvoorziening	zeevisserij			
	niet verder opsplitsbaar	niet verder toewijsbare warmte			
	veeteelt	gemengde bedrijven + pluimvee + varkensteelt			
	veeteelt	melkvee + vleesvee			
				Bosbouw - CO2-opslag	Bosbouw - CO2-opslag
				Landbouw - niet opsplitsbaar	Andere emissies - Landbouw
				Landbouw - niet opsplitsbaar	Brandstof omzetting - Landbouw
transport	binnenlandse zeescheepvaart	niet verder opsplitsbaar	Transport	Binnenlandse zeescheepvaart	Binnenlandse zeescheepvaart
	binnenvaart	niet verder opsplitsbaar		Binnenvaart	Binnenvaart
	luchtvaart	niet verder opsplitsbaar		Luchtvaart	Luchtvaart
	spoorverkeer	niet verder opsplitsbaar		Spoorverkeer	Goederen
				Spoorverkeer	Passagiers
	wegverkeer	niet verder opsplitsbaar		Wegverkeer	Auto
				Wegverkeer	Bus
				Wegverkeer	Moto
				Wegverkeer	Vrachtwagen
				Transport - niet opsplitsbaar	Brandstof omzetting - Transport
				Transport - niet opsplitsbaar	Transport - niet opsplitsbaar
niet verder opsplitsbaar	niet verder opsplitsbaar	niet verder opsplitsbaar			

Bron: VITO (2012)

Bijlage 2: Energie indeling TIMES

Tabel 13: Energie indeling TIMES

Energie categorie	Energiesoort
Activiteit	Mechanische energie
	Modeltechnisch
	Niet-energetisch
Afval	Afval (nt biologisch)
Biomassa	Afval (biologisch)
	Biomassa (gas)
	Biomassa (mix)
	Biomassa (vast)
	Biomassa (vloeibaar)
Elektriciteit	Elektriciteit
Gas	Aardgas
	Coke oven gas
	Corex gas
	Hoogovengas
	Recuperatie gas
	Syngas
	Hernieuwbare energie
Golfslag energie	
Grondwarmte	
Omgevingskoude	
Omgevingswarmte	
Waterkracht	
Windenergie	
Zonne energie	
Kolen	Bruinkool
	Cokes
	Kolen
Koude	Koude
Nucleaire brandstof	Uranium
Petro producten	Andere petro producten
	Diesel
	Gasolie
	Kerosine
	LPG
	Mix petro producten
	Nafta
	Raffinaderijgas
	Restolie
	Ruwe olie
Stookolie	

	Zware stookolie
Warmte	Warmte
Waterstof	Waterstof

Bron: VITO (2012)

Bijlage 3: Sectorindeling TIMES

Tabel 14: Sectorindeling TIMES

Sector	Deelsector	Activiteit
Andere	Brandstof	Brandstof export
		Brandstof import
		Brandstof mining
		Brandstof omzetting - Andere
		Modeltechnisch
	Niet toewijsbaar	Niet toewijsbaar
Energie	Aardgas	Aardgas
		Andere emissies - Aardgas
	Bioraffinaderijen	Bioraffinaderijen
	Elektriciteit & Warmte	Afvalverbranding met energierecuperatie
		Brandstofcellen
		Conventionele thermische centrales
		Elektriciteit & Warmte - niet opsplitsbaar
		Geothermische energie
		Kerncentrales
		Verliezen elektriciteitsnet
		Warmteproductie
		Waterkracht
		Windenergie offshore
		Windenergie onshore
		Zonenergie
		Energie - niet opsplitsbaar
	Fossiele raffinaderijen	Fossiele raffinaderijen
	Overige energiebedrijven	Overige energiebedrijven
	Waterstof	Waterstof
	WKK	WKK - Handel en diensten
WKK - Industrie		
WKK - niet opsplitsbaar		
Handel en diensten	Handel en diensten	Andere emissies - Handel en diensten
		Brandstof omzetting - Handel en diensten
		Handel en diensten - niet opsplitsbaar
		Isolatie
		Koeling
		Toestellen
		Verlichting
		Verwarming & Warm Water
Huishoudens	Huishoudens	Andere emissies - Huishoudens
		Brandstof omzetting - Huishoudens
		Huishoudens - niet opsplitsbaar
		Isolatie

		Koeling
		Toestellen
		Verlichting
		Verwarming & Warm Water
Industrie	Andere industrieën	Andere emissies - Andere industrieën
		Andere industrieën - niet opsplitsbaar
		Minerale niet-metaal producten
		Niet-energetisch - Andere industrieën
	Chemie	Andere emissies - Chemie
		Chemie
		Niet-energetisch - Chemie
	Industrie - Niet opsplitsbaar	Brandstof omzetting - Industrie
		Industrie - niet opsplitsbaar
		Zelfproducenten elektriciteit
	Koolstof opslag	Koolstof opslag
	Metaal	Ijzer & staal
		Non-ferro
	Papier	Papier
Landbouw	Bosbouw - CO2 opslag	Bosbouw - CO2-opslag
	Landbouw - niet opsplitsbaar	Andere emissies - Landbouw
		Brandstof omzetting - Landbouw
		Landbouw
Transport	Binnenlandse zeescheepvaart	Binnenlandse zeescheepvaart
	Binnenvaart	Binnenvaart
	Luchtvaart	Luchtvaart
	Spoorverkeer	Goederen
		Passagiers
	Transport - niet opsplitsbaar	Brandstof omzetting - Transport
		Transport - niet opsplitsbaar
	Wegverkeer	Auto
		Bus
		Moto
		Vrachtwagen

Bron: VITO (2012)

Bijlage 4: Module resultaatverwerking

Files databank:

- Access databank: MIRA-TIMES.accdb
- Excel file: MIRA-TIMES.xlsx

Werkwijze resultaatverwerking:

1. Model optimalisatie
 - 1.1. Voer modeloptimalisatie uit vanuit VEDA-FE
 - 1.2. Importeer het resultaat in VEDA-BE
2. Open databank MIRA-TIMES.accdb
3. Gegevens modelstructuur
 - 3.1. Gebruik VEDA-FE advanced functions > process master > all processes > export om proces master gegevens naar Excel te exporteren
 - 3.2. Maak tabel tbl_master_process in databank MIRA-TIMES.accdb leeg en kopieer vervolgens de geëxporteerde proces master gegevens hier terug in
 - 3.3. Gebruik VEDA-FE advanced functions > commodity master > all commodities > export om commodity master gegevens naar Excel te exporteren
 - 3.4. Maak tabel tbl_master_commodity in databank MIRA-TIMES.accdb leeg en kopieer vervolgens de geëxporteerde commodity master gegevens hier terug in
 - 3.5. Voer macro mcr_info_opmaak01 in databank MIRA-TIMES.accdb uit om de alle input te verwerken
4. Gegevens indeling proces, energie en emissie
 - 4.1. Voer qry_check_MIRA_EmissieMap in databank MIRA-TIMES.accdb uit en indien het query resultaat niet blanco is moet de emissie nog in tabel tbl_MIRA_EmissieMap worden toegevoegd met de juiste indeling
 - 4.2. Voer qry_check_MIRA_EnergieMap in databank MIRA-TIMES.accdb uit en indien het query resultaat niet blanco is moet de energiedrager nog in tabel tbl_MIRA_EnergieMap worden toegevoegd met de juiste indeling
 - 4.3. Voer qry_check_MIRA_ProcessMap in databank MIRA-TIMES.accdb uit en indien het query resultaat niet blanco is moet het proces nog in tabel tbl_MIRA_ProcessMap worden toegevoegd met de juiste indeling
5. Gegevens modelresultaat
 - 5.1. Open de VEDA-BE databank via windows explorer en kopieer tabel xxx_VD_I, waar xxx de scenario naam is, naar databank MIRA-TIMES.accdb. (paswoord voor VEDA_BE databank is "v") Herhaal dit voor alle scenario's
 - 5.2. Voer query qry_append_VD_I uit in databank MIRA-TIMES.accdb
 - 5.3. Maak query qry_append_VD_I_xxx aan in databank MIRA-TIMES.accdb voor elke scenario en voer ze uit om alle resultaten te groeperen in tabel VD_I

6. Gegevens verdeelsleutels Vlaanderen/België en ETS/niet-ETS
 - 6.1. Voer query qry_check_MIRA_activiteit_verdeling in databank MIRA-TIMES.accdb uit en controleer of het aantal records per type van verdeling correct is. Indien er een record ontbreekt moet deze worden aangevuld in tabel tbl_MIRA_activiteit_verdeling
 - 6.2. [Optioneel] Voer query qry_update_MIRA_process_verdeling01 uit in databank MIRA-TIMES.accdb uit om indien gewenst ingevoegde procesverdelingen in tabel tbl_MIRA_process_verdeling te verwijderen waarbij de waarde in kolom *uitzondering* nee is. Uitzonderingen kunnen alleen manueel verwijderd of aangepast worden. De query vraagt parameters op om te kunnen bepalen welke verdelingen verwijderd moeten worden.
 - 6.3. [Optioneel] Voer query qry_update_MIRA_process_verdeling04 uit in databank MIRA-TIMES.accdb uit om verdelingen op activiteit niveau toe te wijzen aan de relevante processen. De query vraagt parameters op om te kunnen bepalen welke verdelingen moeten toegevoegd worden.
 - 6.4. [Optioneel] Voeg manueel uitzonderingen van verdeling op procesniveau toe in tabel tbl_MIRA_process_verdeling.
7. Sluit databank MIRA-TIMES.accdb
8. Open Excel file MIRA-TIMES.xlsx
9. Selecteer een draaitabel en kies een menu *PivotTable Tools > Refresh > Refresh All*. Alle pivottabellen halen nu nieuwe gegevens op uit databank MIRA-TIMES.accdb.

Bijlage 5: Belgisch TIMES model – uitbreiding broeikasgassen

Brandstofgerelateerde en niet brandstofgerelateerde N₂O- en CH₄-emissies zijn op een verschillende manier in het Belgisch TIMES model opgenomen.

Brandstofgerelateerde emissies zijn als een algemene emissiefactor toegewezen aan gemodelleerde energiedragers. Deze energiedragers zijn gedefinieerd per type (aardgas, lichte stookolie, etc.) en per sector. Op die manier kunnen emissiefactoren één op één worden overgenomen uit de 2006 IPCC richtlijnen. Bij de modeloptimalisatie wordt voor elk verbruikte PJ energiedrager een kton pollutant vrijgegeven à rato van de emissiefactor. De totale emissie verandert bijgevolg mee met veranderingen in het verbruik van energiedragers.

Algemene emissiefactoren op energiedragers zijn toegewezen in een bijkomend scenario voor het Belgisch TIMES model *Scen_MIRA_emissions.xlsx*³⁷. De toewijzing gebeurt met behulp van de *VDA_EMCB*³⁸ parameter. Op een niet exhaustieve manier is bij sommige nieuwe processen in het Belgisch TIMES model al een procesgerelateerde N₂O- en CH₄-emissie toegewezen met de *FLO_EMIS*³⁹ parameter. Om consistente resultaten te bekomen is het noodzakelijk deze processpecifieke emissiefactor te verwijderen. De TIMES verwerkingshiërarchie geeft een processpecifieke emissiefactor voorrang op een algemene emissiefactor voor een energiedrager. De enige relevante processpecifieke emissiefactoren zijn de nieuw toegewezen emissiefactoren voor brandstofonafhankelijke processen.

Niet brandstofgerelateerde N₂O- en CH₄-emissies worden rechtstreeks aan fictieve processen toegewezen in plaats van algemeen op het verbruik van een energiedrager. Een processpecifieke aanpak is noodzakelijk omdat er geen energiedrager wordt verbruikt in deze processen. De processen krijgen vorm als vraagtechnologieën met een vraagwaarde van 100 in 2005. De verwachte toename van emissies wordt gestuurd door het veranderen van de vraagwaarde voor de toekomstjaren.

De niet brandstofgerelateerde N₂O- en CH₄-emissies worden rechtstreeks aan de daartoe bestemde fictieve processen toegewezen met de *FLO_EMIS* parameter. Deze nieuwe fictieve processen en de emissiefactoren zijn opgenomen in *SUBRES_B-Non_Energy_EM_Techs.xlsx*⁴⁰.

³⁷ *Scen_MIRA_emissions.xlsx* scenario te plaatsen in de *SuppXLS* model directory

³⁸ *VDA_EMCB* is deel van de TIMES model specificatie: <http://www.iea-etsap.org/web/Documentation.asp>

³⁹ *FLO_EMIS* is deel van de TIMES model specificatie: <http://www.iea-etsap.org/web/Documentation.asp>

⁴⁰ *SUBRES_B-Non_Energy_EM_Techs.xlsx* scenario te plaatsen in de *SubRES_TMPL* model directory

Bijlage 6: Verdeelsleutel Vlaanderen / België

Tabel 15: Verdeelsleutel 2010 Vlaanderen / België

Sector	Deelsector	Activiteit	Bron verdeelsleutel	Vlaanderen/België
Andere	Brandstof	Brandstof export	n.v.t.	0
		Brandstof import	n.v.t.	0
		Brandstof mining	n.v.t.	0
		Brandstof omzetting	n.v.t.	0
	Modeltechnisch	Modeltechnisch	n.v.t.	0
	Niet toewijsbaar	Niet toewijsbaar	Niet toewijsbaar	1
	Te bepalen	Te bepalen	n.v.t.	0
Energie	Aardgas	Aardgas	2012 - Belgian reporting 280/2004/EC - update - 15 April / 1.A. Fuel Combustion / Gaseous Fuels	0.678
		Andere emissies - Aardgas	% VL (MIRA)/BE (NIR) CH4	0.5875
	Bioraffinaderijen	Bioraffinaderijen	2012 - Belgian reporting 280/2004/EC - update - 15 April / b. Petroleum Refining	1
	Elektriciteit & Warmte	Afvalverbranding met energierecuperatie	BELGIUM'S GREENHOUSE GAS INVENTORY (1990-2010)April 2012	0.3888
		Brandstofcellen	IEA - Eurostat - UNECE / Combustibles classiques et assimilés	0.6772
		Conventionele thermische centrales	IEA - Eurostat - UNECE / Combustibles classiques et assimilés	0.6772
		Elektriciteit & Warmte - niet opsplitsbaar	nationaal	0
		Geothermische energie	Enhanced Geothermal System / oppervlak Vlaanderen/België	0.4482
		Kerncentrales	IEA - Eurostat - UNECE / Nucléaire	0.4787
		Verliezen elektriciteitsnet	IEA - Eurostat - UNECE / Combustibles classiques et assimilés	0.6772
		Warmteproductie	2012 - Belgian reporting 280/2004/EC - update - 15 April / b. Residential	0.632
		Waterkracht	IEA - Eurostat - UNECE / Hydraulique	0.0011
		Windenergie offshore	Arbitraire verdeling Vlaanderen/België	0.6
	Windenergie onshore	IEA - Eurostat - UNECE / Eolienne	0.312	
	Zonenergie	IEA - Eurostat - UNECE / Solaire	0.8658	

	Energie - niet opsplitsbaar	Brandstof omzetting	IEA - Eurostat - UNECE / Combustibles classiques et assimilés	0.6772
	Fossiele raffinaderijen	Fossiele raffinaderijen	2012 - Belgian reporting 280/2004/EC - update - 15 April / b. Petroleum Refining	1
	Overige energiebedrijven	Overige energiebedrijven	nationaal	0
	Waterstof	Waterstof	IEA - Eurostat - UNECE / Combustibles classiques et assimilés	0.6772
	WKK	WKK - Handel en diensten	IEA - Eurostat - UNECE / Vlaanderen % COGENERATION Commerce et Services publics	0.2037
		WKK - Industrie	IEA - Eurostat - UNECE / Vlaanderen % COGENERATION Secteur Industrie, dont	0.4904
		WKK - Landbouw	Glastuinbouw Vlaanderen	1
		WKK - niet opsplitsbaar	IEA - Eurostat - UNECE / Combustibles classiques et assimilés cogen	0.856
Handel en diensten	Handel en diensten	Andere emissies - Handel en diensten	% VL (MIRA)/BE (NIR) N2O	0.4518
		Brandstof omzetting	IEA - Eurostat - UNECE / Secteur Commerce et Services publics	0.5685
		Handel en diensten - niet opsplitsbaar	2012 - Belgian reporting 280/2004/EC - update - 15 April / a. Commercial/Institutional	0.585
		Isolatie	2012 - Belgian reporting 280/2004/EC - update - 15 April / a. Commercial/Institutional	0.585
		Koeling	IEA - Eurostat - UNECE / Secteur Commerce et Services publics	0.5685
		Toestellen	IEA - Eurostat - UNECE / Secteur Commerce et Services publics	0.5685
		Verlichting	IEA - Eurostat - UNECE / Secteur Commerce et Services publics	0.5685
		Verwarming & Warm Water	2012 - Belgian reporting 280/2004/EC - update - 15 April / a. Commercial/Institutional	0.585
Huishoudens	Huishoudens	Andere emissies - Huishoudens	% VL (MIRA)/BE (NIR) N2O	0.5808
		Brandstof omzetting	2012 - Belgian reporting 280/2004/EC - update - 15 April / b. Residential	0.632
		Huishoudens - niet opsplitsbaar	2012 - Belgian reporting 280/2004/EC - update - 15 April / b. Residential	0.632
		Isolatie	2012 - Belgian reporting 280/2004/EC - update - 15 April / b. Residential	0.632
		Koeling	IEA - Eurostat - UNECE / Secteur Résidentiel	0.5675
		Toestellen	IEA - Eurostat - UNECE / Secteur Résidentiel	0.5675
		Verlichting	IEA - Eurostat - UNECE / Secteur Résidentiel	0.5675
		Verwarming & Warm Water	2012 - Belgian reporting 280/2004/EC - update - 15 April / b.	0.632

			Residential	
Industrie	Andere industrieën	Andere emissies - Andere industrieën	% VL (MIRA)/BE (NIR) CH4	0.5677
		Andere industrieën - niet opsplitsbaar	2012 - Belgian reporting 280/2004/EC - update - 15 April / f. Other (please specify)(4)	0.412
		Minerale niet-metaal producten	2012 - Belgian reporting 280/2004/EC - update - 15 April / f. Other (please specify)(4)	0.412
	Chemie	Andere emissies - Chemie	% VL (MIRA)/BE (NIR) N2O	0.7013
		Chemie	2012 - Belgian reporting 280/2004/EC - update - 15 April / c. Chemicals	0.9
	Industrie - Niet opsplitsbaar	Brandstof omzetting	2012 - Belgian reporting 280/2004/EC - update - 15 April / 1.A.2 Manufacturing Industries and Construction	0.68
		Industrie - niet opsplitsbaar	2012 - Belgian reporting 280/2004/EC - update - 15 April / 1.A.2 Manufacturing Industries and Construction	0.68
		Zelfproducenten elektriciteit	IEA - Eurostat - UNECE / Secteur Industrie, dont	0.9984
	Koolstof opslag	Koolstof opslag	Arbitraire verdeling Vlaanderen/België	0.6
	Metaal	Ijzer & staal	2012 - Belgian reporting 280/2004/EC - update - 15 April / a. Iron and Steel	0.707
		Metaal - niet opsplitsbaar	nationaal	0
		Non-ferro	2012 - Belgian reporting 280/2004/EC - update - 15 April / b. Non-Ferrous Metals	0.931
	Papier	Papier	2012 - Belgian reporting 280/2004/EC - update - 15 April / d. Pulp, Paper and Print	0.391
Landbouw	Bosbouw - CO2 opslag	Bosbouw - CO2-opslag	2012 - Belgian reporting 280/2004/EC - update - 15 April / table 5 land use	0.3446
	Landbouw - niet opsplitsbaar	Andere emissies - Landbouw	% VL (MIRA)/BE (NIR) CH4	0.651
		Brandstof omzetting	2012 - Belgian reporting 280/2004/EC - update - 15 April / c. Agriculture/Forestry/Fisheries	0.88
		Landbouw	2012 - Belgian reporting 280/2004/EC - update - 15 April / c. Agriculture/Forestry/Fisheries	0.88
Transport	Binnenlandse zeescheepvaart	Binnenlandse zeescheepvaart	2012 - Belgian reporting 280/2004/EC - update - 15 April / d. Navigation	1
	Binnenvaart	Binnenvaart	2012 - Belgian reporting 280/2004/EC - update - 15 April / d. Navigation	0.864
	Luchtvaart	Luchtvaart	2012 - Belgian reporting 280/2004/EC - update - 15 April / a. Civil Aviation	0.201
	Spoorverkeer	Goederen	2012 - Belgian reporting 280/2004/EC - update - 15 April / c. Railways	0.4613

	Passagiers	2012 - Belgian reporting 280/2004/EC - update - 15 April / c. Railways	0.4613
Transport - niet opsplitsbaar	Brandstof omzetting	2012 - Belgian reporting 280/2004/EC - update - 15 April / 1.A.3 Transport	0.55
	Transport - niet opsplitsbaar	2012 - Belgian reporting 280/2004/EC - update - 15 April / 1.A.3 Transport	0.55
Wegverkeer	Auto	2012 - Belgian reporting 280/2004/EC - update - 15 April / b. Road Transportation	0.541
	Bus	2012 - Belgian reporting 280/2004/EC - update - 15 April / b. Road Transportation	0.541
	Moto	2012 - Belgian reporting 280/2004/EC - update - 15 April / b. Road Transportation	0.541
	Vrachtwagen	2012 - Belgian reporting 280/2004/EC - update - 15 April / b. Road Transportation	0.541

Bron: VITO (2012)

Tabel 16: Verdeelsleutel 2017 Vlaanderen / België

Sector	Deelsector	Activiteit	Bron verdeelsleutel	Vlaanderen/België
Andere	Brandstof	Brandstof export	2010	0
		Brandstof import	2010	0
		Brandstof mining	2010	0
		Brandstof omzetting	2010	0
	Modeltechnisch	Modeltechnisch	2010	0
	Niet toewijsbaar	Niet toewijsbaar	2010	1
Energie	Aardgas	Te bepalen	2010	0
		Aardgas	2010	0.678
		Andere emissies - Aardgas	2010	0.5875
	Bioraffinaderijen	Bioraffinaderijen	2010	1
	Elektriciteit & Warmte	Afvalverbranding met energierecuperatie	2010 * evolutie 2017 Economische groei Energie	0.389617033
		Brandstofcellen	2010 * evolutie 2017 Economische groei Energie	0.678623083
		Conventionele thermische centrales	2010 * evolutie 2017 Economische groei Energie	0.678623083
		Elektriciteit & Warmte - niet opsplitsbaar	2010 * evolutie 2017 Economische groei Energie	0

		Geothermische energie	2010	0.4482
		Kerncentrales	2010 * evolutie 2017 Economische groei Energie	0.479705951
		Verliezen elektriciteitsnet	2010 * evolutie 2017 Economische groei Energie	0.678623083
		Warmteproductie	2010 * evolutie 2017 Economische groei Energie	0.633328098
		Waterkracht	2010	0.0011
		Windenergie offshore	2010	0.6
		Windenergie onshore	Hernieuwbaar potentieel - backcasting 2050 100 % hernieuwbaar	0.3784
		Zonenergie	Hernieuwbaar potentieel - backcasting 2050 100 % hernieuwbaar	0.4498
	Energie - niet opsplitsbaar	Brandstof omzetting	2010 * evolutie 2017 Economische groei Energie	0.678623083
	Fossiele raffinaderijen	Fossiele raffinaderijen	2010	1
	Overige energiebedrijven	Overige energiebedrijven	2010 * evolutie 2017 Economische groei Energie	0
	Waterstof	Waterstof	2010 * evolutie 2017 Economische groei Energie	0.678623083
	WKK	WKK - Handel en diensten	2010 * evolutie 2017 Economische groei Marktdiensten	0.204898038
		WKK - Industrie	2010 * evolutie 2017 Economische groei Verwerkende nijverheid	0.491370411
		WKK - Landbouw	2010 * evolutie 2017 Economische groei Landbouw	1
		WKK - niet opsplitsbaar	2010 * evolutie 2017 Economische groei Energie	0.857798817
Handel en diensten	Handel en diensten	Andere emissies - Handel en diensten	2010 * evolutie 2017 Economische groei Marktdiensten	0.454457209
		Brandstof omzetting	2010 * evolutie 2017 Economische groei Marktdiensten	0.571843566
		Handel en diensten - niet opsplitsbaar	2010 * evolutie 2017 Economische groei Marktdiensten	0.588440609
		Isolatie	2010 * evolutie 2017 Economische groei Marktdiensten	0.588440609
		Koeling	2010 * evolutie 2017 Economische groei Marktdiensten	0.571843566
		Toestellen	2010 * evolutie 2017 Economische groei Marktdiensten	0.571843566
		Verlichting	2010 * evolutie 2017 Economische groei Marktdiensten	0.571843566
		Verwarming & Warm Water	2010 * evolutie 2017 Economische groei Marktdiensten	0.588440609
Huishoudens	Huishoudens	Andere emissies - Huishoudens	2010 * evolutie 2017 Demografische evolutie	0.577593999
		Brandstof omzetting	2010 * evolutie 2017 Demografische evolutie	0.628511376
		Huishoudens - niet opsplitsbaar	2010 * evolutie 2017 Demografische evolutie	0.628511376

		Isolatie	2010 * evolutie 2017 Demografische evolutie	0.628511376
		Koeling	2010 * evolutie 2017 Demografische evolutie	0.564367414
		Toestellen	2010 * evolutie 2017 Demografische evolutie	0.564367414
		Verlichting	2010 * evolutie 2017 Demografische evolutie	0.564367414
		Verwarming & Warm Water	2010 * evolutie 2017 Demografische evolutie	0.628511376
Industrie	Andere industrieën	Andere emissies - Andere industrieën	2010 * evolutie 2017 Economische groei Verwerkende nijverheid	0.568823374
		Andere industrieën - niet opsplitsbaar	2010 * evolutie 2017 Economische groei Verwerkende nijverheid	0.412815272
		Minerale niet-metaal producten	2010 * evolutie 2017 Economische groei Verwerkende nijverheid	0.412815272
	Chemie	Andere emissies - Chemie	2010 * evolutie 2017 Economische groei Verwerkende nijverheid	0.702687743
		Chemie	2010 * evolutie 2017 Economische groei Verwerkende nijverheid	0.901780934
	Industrie - Niet opsplitsbaar	Brandstof omzetting	2010 * evolutie 2017 Economische groei Verwerkende nijverheid	0.681345595
		Industrie - niet opsplitsbaar	2010 * evolutie 2017 Economische groei Verwerkende nijverheid	0.681345595
		Zelfproducenten elektriciteit	2010 * evolutie 2017 Economische groei Verwerkende nijverheid	1
	Koolstof opslag	Koolstof opslag	2010 * evolutie 2017 Economische groei Verwerkende nijverheid	0.601187289
	Metaal	Ijzer & staal	2010 * evolutie 2017 Economische groei Verwerkende nijverheid	0.708399023
		Metaal - niet opsplitsbaar	2010 * evolutie 2017 Economische groei Verwerkende nijverheid	0
		Non-ferro	2010 * evolutie 2017 Economische groei Verwerkende nijverheid	0.932842277
	Papier	Papier	2010 * evolutie 2017 Economische groei Verwerkende nijverheid	0.391773717
Landbouw	Bosbouw - CO2-opslag	Bosbouw - CO2-opslag	2010 * evolutie 2017 Economische groei Landbouw	0.346653831
	Landbouw - niet opsplitsbaar	Andere emissies - Landbouw	2010 * evolutie 2017 Economische groei Landbouw	0.654879989
		Brandstof omzetting	2010 * evolutie 2017 Economische groei Landbouw	0.885244839
		Landbouw	2010 * evolutie 2017 Economische groei Landbouw	0.885244839
Transport	Binnenlandse zeescheepvaart	Binnenlandse zeescheepvaart	2010 * evolutie 2017 Transport vooruitzichten	0.864

Binnenvaart	Binnenvaart	2010 * evolutie 2017 Transport vooruitzichten	0.864
Luchtvaart	Luchtvaart	2010 * evolutie 2017 Transport vooruitzichten	0.201
Spoorverkeer	Goederen	2010 * evolutie 2017 Transport vooruitzichten	0.4613
	Passagiers	2010 * evolutie 2017 Transport vooruitzichten	0.4613
Transport - niet opsplitsbaar	Brandstof omzetting	2010 * evolutie 2017 Transport vooruitzichten	0.55
	Transport - niet opsplitsbaar	2010 * evolutie 2017 Transport vooruitzichten	0.55
Wegverkeer	Auto	2010 * evolutie 2017 Transport vooruitzichten	0.541
	Bus	2010 * evolutie 2017 Transport vooruitzichten	0.541
	Moto	2010 * evolutie 2017 Transport vooruitzichten	0.541
	Vrachtwagen	2010 * evolutie 2017 Transport vooruitzichten	0.541

Bron: VITO (2012)

Bijlage 7: Verdeelsleutel ETS / niet-ETS

Tabel 17: Verdeelsleutel ETS / niet-ETS 2010 en 2013

Sector	Deelsector	Activiteit	Bron	2010	2013	
Andere	Brandstof	Brandstof export	n.v.t.	0	0	
		Brandstof import	n.v.t.	0	0	
		Brandstof mining	n.v.t.	0	0	
		Brandstof omzetting - Andere	n.v.t.	0	0	
	Modeltechnisch	Modeltechnisch	n.v.t.	0	0	
	Niet toewijsbaar	Niet toewijsbaar	Niet toewijsbaar	1	1	
Energie	Aardgas	Aardgas	% ETS tov Energiebalans / Transport door pijpleidingen	0.91	0.91	
		Andere emissies - Aardgas	% ETS tov Energiebalans / Transport door pijpleidingen	0.91	0.91	
	Bioraffinaderijen	Bioraffinaderijen	% ETS tov Energiebalans / raffinaderijen	0.73	0.73	
	Elektriciteit & Warmte	Afvalverbranding met energierecuperatie	nt-ETS	0	0	
		Brandstofcellen	% ETS tov Energiebalans / elektriciteit	0.91	0.91	
		Conventionele thermische centrales	% ETS tov Energiebalans / elektriciteit	0.91	0.91	
		Elektriciteit & Warmte - niet opsplitsbaar	nt-ETS	0	0	
		Geothermische energie	nt-ETS	0	0	
		Kerncentrales	ETS	1	1	
		Verliezen elektriciteitsnet	nt-ETS	0	0	
		Warmteproductie	nt-ETS	0	0	
		Waterkracht	nt-ETS	0	0	
		Windenergie offshore	nt-ETS	0	0	
		Windenergie onshore	nt-ETS	0	0	
		Zonenergie	nt-ETS	0	0	
		Energie - niet opsplitsbaar	Brandstof omzetting - Energie	% ETS tov Energiebalans / elektriciteit	0.91	0.91
		Fossiele raffinaderijen	Fossiele raffinaderijen	% ETS tov Energiebalans / raffinaderijen	0.73	0.73
	Overige energiebedrijven	Overige energiebedrijven	% ETS tov Energiebalans / elektriciteit	0.91	0.91	

	Waterstof	Waterstof	% ETS tov Energiebalans / elektriciteit	0.91	0.91
	WKK	WKK - Handel en diensten	Inventaris duurzame energie in Vlaanderen 2010 deel 2	0	0
		WKK - Industrie	Inventaris duurzame energie in Vlaanderen 2010 deel 2	0.7548	0.7548
		WKK - niet opsplitsbaar	Inventaris duurzame energie in Vlaanderen 2010 deel 2	0.7548	0.7548
Handel en diensten	Handel en diensten	Andere emissies - Handel en diensten	% ETS tov Energiebalans / kantoren en administraties	0	0
		Brandstof omzetting - Handel en diensten	% ETS tov Energiebalans / kantoren en administraties	0	0
		Handel en diensten - niet opsplitsbaar	% ETS tov Energiebalans / kantoren en administraties	0	0
		Isolatie	% ETS tov Energiebalans / kantoren en administraties	0	0
		Koeling	% ETS tov Energiebalans / kantoren en administraties	0	0
		Toestellen	% ETS tov Energiebalans / kantoren en administraties	0	0
		Verlichting	% ETS tov Energiebalans / kantoren en administraties	0	0
		Verwarming & Warm Water	% ETS tov Energiebalans / kantoren en administraties	0	0
Huishoudens	Huishoudens	Andere emissies - Huishoudens	nt-ETS	0	0
		Brandstof omzetting - Huishoudens	nt-ETS	0	0
		Huishoudens - niet opsplitsbaar	nt-ETS	0	0
		Isolatie	nt-ETS	0	0
		Koeling	nt-ETS	0	0
		Toestellen	nt-ETS	0	0
		Verlichting	nt-ETS	0	0
		Verwarming & Warm Water	nt-ETS	0	0
Industrie	Andere industrieën	Andere emissies - Andere industrieën	% ETS tov Energiebalans / rest industrie	0.45	0.45
		Andere industrieën - niet opsplitsbaar	% ETS tov Energiebalans / rest industrie	0.45	0.45
		Minerale niet-metaal producten	% ETS tov Energiebalans / Minerale niet-metaalproducten	0.76	0.76
		Niet-energetisch - Andere industrieën	% ETS tov Energiebalans / rest industrie	0.45	0.45
	Chemie	Andere emissies - Chemie	% ETS tov Energiebalans / Chemie	0.88	0.88
		Chemie	% ETS tov Energiebalans / Chemie	0.88	0.88
		Niet-energetisch - Chemie	% ETS tov Energiebalans / Chemie	0.88	0.88
	Industrie - Niet opsplitsbaar	Brandstof omzetting - Industrie	% ETS tov Energiebalans / alle industrie	0.65	0.65

	Industrie - niet opsplitsbaar		% ETS tov Energiebalans / alle industrie	0.65	0.65
	Zelfproducenten elektriciteit		WKK inventaris 2010 (zelf prod2010.xlsx)	0.9508	0.9508
Koolstof opslag	Koolstof opslag		nt-ETS	0	0
Metaal	Ijzer & staal		% ETS tov Energiebalans / Ijzer en staal (en cokes)	0.34	0.34
	Non-ferro		% ETS tov Energiebalans / Non-ferro	0.87	0.87
Papier	Papier		% ETS tov Energiebalans / Papier en uitgeverijen	0.55	0.55
Landbouw	Bosbouw - CO2-opslag	Bosbouw - CO2-opslag	nt-ETS	0	0
	Landbouw - niet opsplitsbaar	Andere emissies - Landbouw	nt-ETS	0	0
		Brandstof omzetting - Landbouw	nt-ETS	0	0
		Landbouw	nt-ETS	0	0
Transport	Binnenlandse zeescheepvaart	Binnenlandse zeescheepvaart	nt-ETS	0	0
	Binnenvaart	Binnenvaart	nt-ETS	0	0
	Luchtvaart	Luchtvaart	ETS 3de handelsperiode		1
			nt-ETS	0	
	Spoorverkeer	Goederen	nt-ETS	0	0
		Passagiers	nt-ETS	0	0
	Transport - niet opsplitsbaar	Brandstof omzetting - Transport	nt-ETS	0	0
		Transport - niet opsplitsbaar	nt-ETS	0	0
	Wegverkeer	Auto	nt-ETS	0	0
		Bus	nt-ETS	0	0
		Moto	nt-ETS	0	0
		Vrachtwagen	nt-ETS	0	0

Bron: VITO (2012)