

# **LCA Rapportage productkaarten Energiedragers**

## **Nationale Milieudatabase**

**Aardgas**

**Elektriciteit, Nederlandse Mix**

**Elektriciteit, Grijs**

**Elektriciteit, Hernieuwbaar**

**Elektriciteit, Hernieuwbaar, uit Biomassa**

**Elektriciteit, Hernieuwbaar, van Windturbines op Land**

**Elektriciteit, Hernieuwbaar, van Windturbines op Zee**

**Elektriciteit, Hernieuwbaar, uit PV**

**Warmtelevering, warmtenet, Hoge Temperatuur, Grijs**

**Warmtelevering, warmtenet, Hoge Temperatuur, Hernieuwbaar**

**Warmtelevering, warmtenet, Lage Temperatuur, Grijs**

**Warmtelevering, warmtenet, Lage Temperatuur, Hernieuwbaar**

Datum rapportage:	24 januari 2023
Versie rapportage:	1.2
Datum publicatie in de NMD:	n.t.b.
Versie Bepalingsmethode:	1.0 (2020) met wijzigingsbladen oktober 2020, februari 2021, wijzigingsblad van oktober 2021
Versie Ecoinvent database:	3.6
Opdrachtgever:	Stichting Nationale Milieudatabase
Opdrachtnemer(s):	<b>LBP   SIGHT</b> 
Auteur(s):	David van Nunen Hilko van der Leij Jeannette Levels-Vermeer

## Inhoudsopgave

<b>Samenvatting</b> .....	<b>5</b>
<b>1. Inleiding</b> .....	<b>12</b>
1.1 Toepassingsbereik .....	12
1.2 Achtergrond gebruik NMD .....	12
1.3 Doelstelling en doelgroep .....	13
1.4 Verantwoording .....	13
1.5 Leeswijzer.....	14
<b>2. Methode</b> .....	<b>15</b>
2.1 Aanpak .....	15
2.2 Klankbordgroep .....	15
2.3 Scope .....	16
2.3.1 Algemene scope LCA energiedragers .....	16
2.3.2 Omgang met import en export van energiedragers uit het buitenland.....	17
2.3.3 Referentieperiode energiemixen .....	17
2.4 Beschrijving energiemixen .....	18
2.4.1 Aardgas .....	18
2.4.2 Elektriciteit .....	19
2.4.3 Warmte .....	21
2.5 Functionele eenheid .....	23
2.6 Systeemgrenzen.....	24
2.6.1 Rol binnen scope LCA gebouwen, producten .....	25
2.7 Buiten beschouwing gelaten - correctie op efficiëntie van productiemiddelen .....	26
<b>3. Levenscyclusinventarisatie (LCI)</b> .....	<b>27</b>
3.1 Dataverzameling.....	27
3.2 Decompositie in materialen en processen .....	27
3.3 Aardgas .....	27
3.3.1 Systeemgrenzen.....	27
3.3.2 Levenscyclusinventarisatie (LCI).....	28
3.4 Elektriciteit, Grijs.....	34
3.4.1 Systeemgrenzen.....	34
3.4.2 Levenscyclusinventarisatie (LCI).....	34
3.5 Elektriciteit, Nederlandse hernieuwbare mix .....	38
3.5.1 Systeemgrenzen Nederlandse hernieuwbare mix .....	38
3.5.2 Levenscyclusinventarisatie (LCI), A1-A3.....	39
3.5.3 Transmissie- en distributienetwerk en kapitaalgoederen (A4) .....	40
3.6 Elektriciteit hernieuwbaar, uit biomassa .....	40
3.7 Elektriciteit hernieuwbaar, van windturbines op zee .....	42
3.7.1 Einde levensscenario elektriciteit van elektriciteit van windturbines op zee .....	44
3.7.2 Substations (OHVS, offshore high voltage station) .....	47
3.8 Elektriciteit van windturbines op land .....	48
3.8.1 Correctie op het eindelevensscenario wind-op-land .....	48
3.9 Elektriciteit uit PV.....	50

3.9.1	Correctie op het eindelevensscenario elektriciteit uit PV .....	50
3.10	Transmissie en distributienetwerk elektriciteit (A4) .....	52
3.11	Warmtelevering, stadswarmte, Hoge temperatuur, Grijs .....	54
3.11.1	Systeemgrenzen.....	54
3.11.2	Levenscyclusinventarisatie (LCI).....	55
3.12	Warmte, Hoge temperatuur, Hernieuwbaar .....	58
3.12.1	Systeemgrenzen.....	58
3.12.2	Levenscyclusinventarisatie (LCI).....	58
3.13	Warmte, Lage temperatuur, grijs en hernieuwbaar .....	60
3.13.1	Systeemgrenzen.....	60
3.13.2	Levenscyclusinventarisatie (LCI).....	60
<b>4.</b>	<b>Resultaten .....</b>	<b>62</b>
4.1	Berekening milieuprofiel .....	62
4.2	Gekarakteriseerde en gewogen resultaten .....	62
4.3	Zwaartepuntanalyse .....	63
4.3.1	Aardgas .....	64
4.3.2	Elektriciteit .....	65
4.3.3	Warmtelevering .....	67
4.4	Gevoeligheidsanalyse .....	71
4.4.1	Aardgas .....	71
4.4.2	Elektriciteit .....	73
4.4.3	Warmtelevering .....	75
4.5	Vergelijking met huidige productkaarten energiedragers in de NMD.....	79
4.5.1	Aardgas .....	79
4.5.2	Elektriciteit .....	80
4.5.3	Warmtelevering .....	81
4.6	Vergelijking GWP-factoren met CO <sub>2</sub> -emissiefactoren.nl.....	82
4.6.1	Aardgas .....	82
4.6.2	Elektriciteit .....	83
4.6.3	Warmtelevering .....	84
4.7	Analyse invloed nieuwe productkaarten op MPG-berekeningen .....	84
4.7.1	Impact op MPG materialisatie externe levering .....	86
<b>5</b>	<b>Aanbevelingen.....</b>	<b>87</b>
5.1	Inleiding .....	87
5.2	Aanbevelingen en aandachtspunten productkaarten.....	87
5.2.1	Aardgas .....	87
5.2.2	Elektriciteit .....	88
5.2.3	Warmte .....	88
5.3	Aanbevelingen beheer productkaarten .....	89
5.4	Aanbevelingen implementatie productkaarten .....	90
<b>6.</b>	<b>Referenties.....</b>	<b>91</b>
<b>Bijlagen.....</b>		<b>92</b>
<b>Bijlage I LCI tabellen .....</b>		<b>93</b>
I.1	LCI Aardgas.....	93

I.2	LCI Elektriciteit, elektriciteitsnet zonder opwekkingsmiddelen, materialisatie externe levering, per kWh .....	95
I.3	LCI Elektriciteit, Nederlandse mix (73% grijs, 27% hernieuwbaar) .....	98
I.4	LCI Elektriciteit grijs .....	99
I.5	LCI elektriciteit Nederlandse hernieuwbare mix .....	101
I.6	LCI Elektriciteit, hernieuwbaar, uit biomassa .....	102
I.7	LCI Elektriciteit, hernieuwbaar, van windturbines op zee .....	103
I.8	LCI Elektriciteit, hernieuwbaar, van windturbines op land .....	106
I.9	LCI Elektriciteit, hernieuwbaar, uit PV .....	107
I.10	LCI warmtelevering hoge temperatuur .....	108
I.11	LCI warmtelevering lage temperatuur .....	114
<b>Bijlage II Gekarakteriseerde resultaten per product .....</b>		<b>117</b>
II.1	Resultaten aardgas .....	118
II.2	Resultaten elektriciteit, elektriciteitsnet zonder opwekkingsmiddelen .....	119
II.3	Resultaten elektriciteit, Nederlandse mix (73% grijs, 27% hernieuwbaar) .....	120
II.4	Resultaten elektriciteit grijs .....	121
II.5	Resultaten elektriciteit Nederlandse hernieuwbare mix .....	122
II.6	Resultaten elektriciteit, hernieuwbaar, uit biomassa .....	123
II.7	Resultaten elektriciteit, hernieuwbaar, van windturbines op zee .....	124
II.8	Resultaten elektriciteit, hernieuwbaar, van windturbines op land .....	125
II.9	Resultaten elektriciteit, hernieuwbaar, uit PV .....	126
II.10	Resultaten warmtelevering hoge temperatuur (grijs) .....	127
II.11	Resultaten warmtelevering hoge temperatuur (hernieuwbaar) .....	128
II.12	Resultaten warmtelevering lage temperatuur (grijs) .....	129
II.13	Resultaten warmtelevering lage temperatuur (hernieuwbaar) .....	130
<b>Bijlage III Gespreksverslagen .....</b>		<b>131</b>
III.1	Besprekingsverslag 14 september 2021 .....	131
III.2	Besprekingsverslag 28 oktober 2021 .....	136
III.3	Besprekingsverslag 30 november 2021 .....	143

## Samenvatting

### Over het onderzoek

Stichting Nationale Milieudatabase (Stichting NMD) actualiseert de bestaande productkaarten van energiedragers in de Nationale Milieudatabase (NMD). In deze LCA-rapportage vertellen we hoe de geactualiseerde productkaarten voor de volgende energiedragers tot stand kwamen:

- Aardgas
- Elektriciteit, Nederlandse mix
- Elektriciteit grijs
- Elektriciteit hernieuwbaar
- Elektriciteit, hernieuwbaar uit biomassa
- Elektriciteit, hernieuwbaar van windturbines op zee
- Elektriciteit, hernieuwbaar van windturbines op land
- Elektriciteit, hernieuwbaar van PV
- Warmtelevering via warmtenet, hoge temperatuur, grijs
- Warmtelevering via warmtenet, hoge temperatuur, hernieuwbaar
- Warmtelevering via warmtenet, lage temperatuur, grijs
- Warmtelevering via warmtenet, lage temperatuur, hernieuwbaar

Uit deze twaalf productkaarten zijn ook de productkaarten van materialisatie externe levering – zoals toegepast in de Milieu Prestatie gebouwen (MPG) – af te leiden. Ook kun je de kaarten gebruiken voor energiestromen in Nederland in de berekening van levenscyclusanalyses (LCA's) van andere producten, op basis van de bepalingsmethode van bouwwerken.

Bij het onderzoek was een klankbordgroep betrokken, met leden vanuit Alba Concepts, PIANOo, Dutch Green Building Council (DGBC), Stichting W/E Adviseurs, SKAO, klimaatstichting HIER, RVO, Stichting Nationale Milieudatabase (NMD) en ProRail. Dit voor een goede afspiegeling van de bouwpraktijk.

### Hoe ziet de LCA van een energiedrager eruit?

In vergelijking met een volledige LCA van een bouwproduct, richt de LCA van een energiedrager zich alleen op de productie-, transport- en gebruiksfasen:

- Productiefase: hierbij kijken we naar de winning van grondstoffen en de omzetting naar de uiteindelijke energiedrager, met toevoeging van eventuele hulpstoffen en mogelijk tijdelijke opslag.
- Transportfase: hierbij kijken we naar het energieverbruik voor transport en transportverliezen.
- Gebruiksfase: hierbij kijken we naar de emissie bij verbranding. Dit is alleen van toepassing bij energiedragers die bij de consument worden verbrand, zoals aardgas.

Voor het berekenen van de LCA's gebruikten we de volgende functionele eenheden:

Energiedrager	Functionele eenheid
Aardgas, verbrand, bij consument	per m <sup>3</sup>
Elektriciteit, Nederlandse mix (73% grijs, 27% hernieuwbaar), bij consument	Per kWh
Elektriciteit, grijs, bij consument	per kWh
Elektriciteit, Nederlandse hernieuwbare mix, bij consument, per kWh	per kWh
Elektriciteit, hernieuwbaar, uit biomassa, bij consument,	Per kWh
Elektriciteit, hernieuwbaar, van windturbines op zee, bij consument	Per kWh
Elektriciteit, hernieuwbaar, van windturbines op land, bij consument	Per kWh
Elektriciteit, hernieuwbaar, uit PV, bij consument	Per kWh
Warmte, hoge temperatuur, grijs, bij consument	per MJ
Warmte, hoge temperatuur, hernieuwbaar, bij consument	per MJ
Warmte, lage temperatuur, grijs, bij consument	per MJ
Warmte, lage temperatuur, hernieuwbaar, bij consument	per MJ
Materialisatie externe levering	Functionele eenheid
Aardgas, verbrand, materialisatie externe levering	per m <sup>3</sup>
Elektriciteit, materialisatie externe levering, Nederlandse mix	per kWh
Elektriciteit, elektriciteitsnet zonder opwekkingsmiddelen, materialisatie externe levering, per kWh	Per kWh
Warmte, hoge temperatuur, grijs, materialisatie externe levering	per MJ
Warmte, hoge temperatuur, hernieuwbaar, materialisatie externe levering	per MJ
Warmte, lage temperatuur, grijs, materialisatie externe levering	per MJ
Warmte, lage temperatuur, hernieuwbaar, materialisatie externe levering	per MJ

Goed om te weten: bij aanleg van een gebouw of werk kun je niet kiezen voor een grijs- of hernieuwbaar-energie-elektriciteitsnet. Daarom stellen we voor materialisatie externe levering maar één type productkaart voor elektriciteit beschikbaar, op basis van de Nederlandse productiemix tussen grijze en hernieuwbare elektriciteit. De externe leveringsproductkaart van het elektriciteitsnet zonder opwekkingsmiddelen kan gebruikt worden om de materialisatie van het net mee te nemen wanneer er wel een netaansluiting is, maar elektriciteit komt van gebouwgebonden opwekking.

### Productkaarten binnen LCA van producten en gebouwen

Naast de rol van een LCA binnen een energiedrager zelf, is het ook de vraag hoe productkaarten van energiedragers worden toegepast binnen een LCA van een bouwproduct of op gebouwniveau.

#### *Toepassing bij LCA van bouwproducten*

Energiedragers worden in een LCA vooral gebruikt in de productie (A3), maar ook bij installatie (A5), onderhoud (B2), reparatie (B3), vervangingen (B4), verbouwingen (B5) en als er (optioneel) energiegebruik in de gebruiksfase wordt gedeclareerd (B6).

#### *Toepassing bij energiegebruik in gebruiksfase LCA op gebouw- of werkniveau*

Bij LCA's op het niveau van een gebouw of grond-, weg- en waterbouw-werk (GWW) kan energiegebruik ook tijdens de gebruiksfase (module B6) worden meegenomen.



In de huidige MPG-systematiek wordt materialisatie externe levering gedeclareerd in de productie/bouwfase. Bij toepassing van energiegebruik tijdens de gebruiksfase (B6) moet je er goed op letten dat je niet ook de productkaart voor materialisatie externe levering, maar alleen de volledige productkaart voor de energiedrager meeneemt. Dat betekent namelijk een dubbeltelling van de effecten van materialisatie externe levering. We adviseren in zo'n geval de materialisatie externe levering buiten de berekening te laten.

## Resultaten

Om de resultaten van verschillende milieueffectcategorieën goed te kunnen vergelijken, hebben we de resultaten gewogen tot één eindpunt. Daarvoor gebruiken we de milieukostenindicator (MKI), volgens de Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken.

Hieronder vind je per energiedrager de MKI-resultaten op totaalniveau voor de productkaart, voor de productkaart materialisatie externe levering en per module.

Energiedrager	Totaal	Materialisatie externe levering	A1-A3	A4	B	D
Aardgas, verbrand, bij consument, per m3	€ 0,18	€ 0,004	€ 0,06	€ 0,02	€ 0,11	€ -0,001
Elektriciteit, Nederlandse mix (73% grijs, 27% hernieuwbaar), bij consument, per kWh	€ 0,0287	€ 0,0037	€ 0,0258	€ 0,0032		€ -0,00032
Elektriciteit, Grijs, bij consument, per kWh	€ 0,0341	€ 0,0021	€ 0,0309	€ 0,0035		€ -0,00018
Elektriciteit, Nederlandse hernieuwbare mix, bij consument, per kWh	€ 0,0139	€ 0,0078	€ 0,0120	€ 0,0026		-€ 0,0007
Elektriciteit, hernieuwbaar, uit biomassa, bij consument, per kWh	€ 0,0254	€ 0,0035	€ 0,0226	€ 0,0031		-€ 0,00022
Elektriciteit, hernieuwbaar, van windturbines op zee, bij consument, per kWh	€ 0,0056	€ 0,0054	€ 0,0038	€ 0,0022		-€ 0,00039
Elektriciteit, hernieuwbaar, van windturbines op land, bij consument, per kWh	€ 0,0058	€ 0,0057	€ 0,0043	€ 0,0022		-€ 0,00067
Elektriciteit, hernieuwbaar, uit PV, bij consument, per kWh	€ 0,0165	€ 0,0164	€ 0,0153	€ 0,0027		-€ 0,0014
Elektriciteit, elektriciteitsnet zonder opwekkingsmiddelen, materialisatie externe levering, per kWh	€ 0,00167	€ 0,00167		€ 0,00184		€ -0,00017
Warmte HT, grijs, bij consument, per MJ	€ 0,0029	€ 0,0001	€ 0,0020	€ 0,0009		€ -0,00002
Warmte HT, hernieuwbaar, bij consument, per MJ	€ 0,0021	€ 0,0001	€ 0,0015	€ 0,0007		€ -0,00002
Warmte LT, grijs, bij consument, per MJ	€ 0,0020	€ 0,0011	€ 0,0016	€ 0,0004		€ -0,00002
Warmte LT, hernieuwbaar, bij consument, per MJ	€ 0,0015	€ 0,0011	€ 0,0012	€ 0,0003		€ -0,00002

Een aantal opmerkingen bij bovenstaande tabel:

#### *Aardgas*

Binnen module A1-A3 heeft de import van gasvormig aardgas uit Rusland de grootste invloed. Dit vanwege de grote transportafstand, waarbij een grotere materiaalhoeveelheid per m<sup>3</sup> getransporteerd gas nodig is en er ook grotere verliezen optreden. De recente verschuivingen in de import naar (onder andere) LNG zijn onderzocht, maar hebben nog niet een dusdanig effect op het milieuprofiel dat aanpassing van de oorspronkelijke modellering (rapportage v1.1) op dat punt nodig is.

#### *Elektriciteit, grijs*

Binnen module A1-A3 zorgt elektriciteit uit aardgas en kolen voor ruim 90% van de MKI. Dit is in lijn met het aandeel aardgas en kolen in de grijze mix (92%). Elektriciteit uit kolen maakt 11% uit van de elektriciteitsmix, maar is verantwoordelijk voor een veel groter deel van de MKI, omdat elektriciteit uit kolen een hogere MKI per kWh heeft dan elektriciteit uit gas.

#### *Elektriciteit, hernieuwbaar*

Binnen module A1-A3 komt het grootste deel (47%) van de MKI van biomassa. Dit terwijl biomassa slechts 25% uitmaakt van de hernieuwbare productiemix. Hernieuwbare elektriciteit uit biomassa heeft een relatief hoge MKI per kWh. Verder valt het op dat elektriciteit uit wind op land en wind op zee een relatief klein deel van de MKI uitmaken, terwijl dit 48% is van de hernieuwbare elektriciteitsmix.

#### *Elektriciteit, middel-/ hoog voltage*

De productkaarten zijn opgesteld voor elektriciteitslevering op laagspanning. Bij toepassing van elektriciteit op middenspanning of op hoogspanning gelden respectievelijk de correctiefactoren 0,99 en 0,98. Deze correctiefactoren zijn ter compensatie van vermeden conversieverliezen naar laagspanning.

#### *Warmtelevering*

Productie van warmte zorgt in module A1-A3 binnen elke variant voor de grootste bijdrage. Daarnaast zorgt warmtelevering ook binnen module A4 voor het grootste deel van de milieueffecten vanwege verliezen tijdens transport. Het verschil tussen verliezen bij hoge temperatuur (26,5%) en lage temperatuur (11,4%) is daarbij duidelijk zichtbaar.

### **Vergelijking met huidige productkaarten NMD**

Hoe verhouden de MKI-score van de nieuwe en bestaande productkaarten zich tot elkaar? En de productkaarten voor materialisatie externe levering?

#### *Aardgas*

Bij de nieuwe productkaart voor aardgas gaat de MKI behoorlijk omhoog. De reden? De achterliggende productiemix, die in de nieuwe kaart meer gericht is op import (vanuit Rusland). Ook is de impact van verbranding hoger, omdat we in de nieuwe productkaart een kleinschaliger verbrandingsproces als achtergrondmodel toepassen.

Bij de nieuwe productkaart voor de externe levering van aardgas gaat de MKI behoorlijk omlaag. Dit komt vooral door 'vervuiling' in de bestaande kaart, met name dubbeltelling van processen en zaken die niet binnen de scope van materialisatie externe levering vallen, zoals verliezen tijdens transport.



### *Elektriciteit*

Deze productkaart gaat over de Nederlandse landenmix. De bestaande productkaart heeft een hogere MKI dan de nieuwe grijze en hernieuwbare productkaarten. Dit komt onder andere door een groter aandeel kolen in de energiemix van de bestaande kaart ten opzichte van de nieuwe kaart voor grijze elektriciteit.

De nieuwe productkaart voor externe levering (MKI van € 0,0037 per kWh) heeft een iets hoger milieuprofiel dan de bestaande productkaart (MKI van € 0,0036 per kWh). De nieuwe kaart is opgebouwd uit de netto Nederlandse productiemix. 73% van de materialisatie externe leveringsmix grijs is gecombineerd met 27% van de materialisatie externe leveringsmix hernieuwbaar. De materialisatie externe levering is bij de hernieuwbare elektriciteitsmix significant hoger. Met het jaarlijks stijgende aandeel hernieuwbare elektriciteit in de Nederlandse productiemix wordt ook de gemiddelde materialisatie externe levering hoger.

### *Warmtelevering*

Er was nog geen bestaande productkaart voor deze energiedrager. In de nieuwe situatie zijn er vier productkaarten om uit te kiezen, afhankelijk van de configuratie van het warmtenet.

Bij de nieuwe productkaarten voor externe levering gaat de MKI in alle gevallen omhoog. Bij hoge-temperatuur-warmtenetten gaat dit om kleine toenames, vooral door meer materiaalgebruik. Bij lage-temperatuur-warmtenetten is de bijdrage van infrastructuur relatief hoog, vanwege de kleine schaal van de installaties in de achtergrondmodellen.

### **Wat is de invloed van gebouw gebonden energie op MPG-berekeningen?**

We onderzochten de invloed van de nieuwe productkaarten op de hoogte van MPG-berekeningen. Daarbij keken we naar twee BENG-referentiegebouwen: een woonhuis en een kantoor. We onderzochten de invloed van het toevoegen van energiegebruik uit de gebruiksfase (MEPG, MPG plus de milieuprestatie van het energieverbruik) en de invloed van verandering in de productkaarten van materialisatie externe levering.<sup>1</sup> Het gaat hier om gebouwgebonden verbruik.

Wat blijkt? In geval van de MEPG is zowel bij de woning als het kantoor is voor alle typen energiedragers een flinke stijging van de MPG-score te zien. Dit is uiteraard logisch, in de reguliere MPG wordt het gebouwgebonden energieverbruik immers niet beschouwd.

### **Wat is het effect van de nieuwe MKI-waarden van materialisatie externe levering?**

Bij het forfaitair (gebouwgebonden) energiegebruik stijgt in de meeste gevallen de bijdrage van materialisatie externe levering. Bij hernieuwbare varianten stijgt in alle gevallen de materialisatie externe levering, vooral door relatief hoger materiaalgebruik per eenheid energieopwekking.

---

<sup>1</sup> De vergelijking is gemaakt met de MPG-berekening van referentiegebouwen op basis van NMD versie 3.0. Dit levert enige discrepantie op, omdat de nieuwe productkaarten zijn berekend met NMD-versie 3.4. De uitkomsten moeten daarom als richtinggevend worden geschouwd, met enige onzekerheid.

Bij productkaarten van materialisatie externe levering voor grijze elektriciteit zien we een verlaging, de gecombineerde productkaart mix grijs/hernieuwbaar laat een kleine stijging zien. Alleen bij het kantoorgebouw met aardgas zien we nog steeds een kleine netto daling door lagere waarde van materialisatie externe levering van aardgas. De totale impact op de MPG is zeer beperkt en geen belemmering om de verbeterde kaarten voor materialisatie externe levering te implementeren als productkaarten in de NMD.

### **Aanbevelingen productkaarten**

Wat zijn onze belangrijkste bevindingen, aanbevelingen en aandachtspunten per energiedrager?

#### *Aardgas*

Binnen module A1-A3 heeft de import van gasvormig aardgas uit Rusland de grootste invloed. Dit vanwege de grote transportafstand, waarbij een grotere materiaalhoeveelheid per m<sup>3</sup> getransporteerd gas nodig is en er ook grotere verliezen optreden. De recente verschuivingen in de import naar (onder andere) LNG zijn onderzocht, maar hebben momenteel (eind 2022) nog niet een dusdanig effect op het milieuprofiel dat aanpassing van de oorspronkelijke modellering (rapportage v1.1) op dat punt nodig is. Het wordt aanbevolen de verschuivingen binnen de import van aardgas goed te monitoren, omdat LNG wel een behoorlijke invloed op de MKI heeft.

#### *Warmte*

Bij warmtelevering, hoge temperatuur, grijs hebben productie via hulpketels aardgas en kolencentrales veel invloed op het resultaat. In de analyse van de productkaarten maakten we conservatieve aannames voor het aandeel van beide binnen de productiemix van warmte. Toekomstige updates moeten het aandeel van beide goed in kaart te brengen. Verder is bij warmteproductie uit bio-energie (warmtelevering, hoge temperatuur, hernieuwbaar) de verhouding van warmte uit biomassa en biogas onbekend.

### **Aanbevelingen beheer productkaarten**

- Op basis van de datakwaliteit zijn de productkaarten vijf jaar geldig. We adviseren om wel jaarlijks te toetsen of er grote wijzigingen zijn in de productiecijfers die tot eerdere herziening moeten leiden.
- De productkaarten materialisatie externe levering krijgen vanwege het ontbreken van ontwerpinvloed geen rekentoeslag van 30%. Wij adviseren om geen rekentoeslag te gebruiken op zowel de productkaarten voor externe levering als de productkaarten voor energiedragers.

### **Aanbevelingen implementatie productkaarten**

- Met de productkaarten voor energiedragers en een MPG-berekening kun je fase B6 op gebouwniveau berekenen. Zo bereken je de milieu-impact volgens de EN 15978. Deze energie-inclusieve MPG (MEPG), wordt uitgedrukt in een éénpuntscore per m<sup>2</sup> per jaar. Wij adviseren om de samenvoeging van de berekening van de MPG en de éénpuntscore van de use stage energy (B6) en op basis daarvan de GWP-use stage energy, in een afzonderlijk hoofdstuk toe te voegen aan de bepalingmethode milieuprestatie bouwwerken. Ook moet er een duidelijke koppeling met de EN 15978 worden gemaakt en moet de samenhang met de NTA 8800 worden toegelicht.

- Wij adviseren om de berekening van de MEPG, uitgedrukt per m<sup>2</sup> per jaar, en op basis daarvan de MEPG\_GWP, in instrumenten voor de berekening van de milieuprestatie op te laten nemen.
- Wij adviseren om alle referentiegebouwen ook te voorzien van een MEPG waarde en een onderzoek te doen naar de MEPG waarde van bestaande gebouwen en de toekomstige MPG voor renovatie zodat een goede integrale afweging gemaakt kan worden.
- Wij adviseren om de oude productkaarten voor materialisatie externe levering te laten vervallen na invoer van de nieuwe kaarten. Uit de impactanalyse blijkt dat er geen bezwaren zijn om deze update onmiddellijk door te voeren. Wel adviseren wij om de berekening te herhalen zodra de update van de referentiegebouwen in het eigen rekeninstrument van de NMD gereed is.

## 1. Inleiding

Deze LCA<sup>2</sup>-rapportage beschrijft de uitgangspunten en resultaten voor zeven productkaarten van elektriciteit, aardgas en warmtelevering in de Nationale Milieudatabase<sup>3</sup>, inclusief zes productkaarten voor 'materialisatie externe levering', voor toepassing bij de MPG-systematiek.

### 1.1 Toepassingsbereik

Stichting Nationale Milieudatabase (Stichting NMD) is bezig met het actualiseren van de bestaande productkaarten van energiedragers in de Nationale Milieudatabase (NMD) voor de berekening van milieu-ingrepen ten gevolge van energieverbruik in de gebruiksfase van een bouwwerk (module B6). De productkaarten in deze studie zijn opgesteld conform de bepalingmethode van bouwwerken en beschrijven de volledige levenscyclus van energiedragers. Uit deze kaarten zijn ook de productkaarten van materialisatie externe levering, zoals toegepast in de MPG, af te leiden en tot slot kunnen de kaarten gebruikt worden voor energiestromen in Nederland in de berekening van LCA's van andere producten op basis van de bepalingmethode.

Deze rapportage beschrijft de methodieken en uitkomsten van de berekening van deze geactualiseerde productkaarten.

### 1.2 Achtergrond gebruik NMD

De B&U- en GWW-data in de Nationale Milieudatabase wordt gebruikt voor het berekenen van de MKI-waarde van materialen, producten en processen voor de realisatie van een bouwwerk. Deze MKI-waarde wordt berekend door middel van de bepalingen in de 'Bepalingmethode Milieuprestatie Bouwwerken'<sup>4</sup>. Met software-instrumenten zoals DuboCalc<sup>5</sup> kan met behulp van de Nationale Milieudatabase de MKI-waarde voor een product, object en een compleet project berekend worden.

Opdrachtgevers in de B&U- en GWW-sector gebruiken deze MKI-berekeningen om in de ontwerpfase van het project afwegingen te kunnen maken tussen verschillende materialen of ontwerpopties. Ze vergelijken dan de MKI-waarde van de verschillende oplossingen en kunnen vervolgens voor het duurzaamste materiaal (het product met de laagste MKI-waarde) kiezen. Ook kan in de aanbesteding van een project een gunningscriterium toegepast worden waarbij de inschrijver met de laagste MKI-waarde de hoogste fictieve korting krijgt<sup>6</sup>.

Stichting NMD wil regelmatig de productkaarten van algemene data (categorie 3) in de Nationale Milieudatabase actualiseren en verbeteren. In de aanbevelingen van dit rapport is een advies gegeven hoe met actualisatie van deze kaarten omgegaan kan worden.

---

<sup>2</sup> LCA = Levenscyclusanalyse. Meer informatie, zie bijvoorbeeld <https://www.rivm.nl/life-cycle-assessment-lca/wat-is-lca>

<sup>3</sup> Meer informatie over de Nationale Milieudatabase: <https://milieudatabase.nl/>

<sup>4</sup> Meer informatie over de Bepalingmethode: <https://milieudatabase.nl/milieuprestatie/bepalingmethode/>

<sup>5</sup> Meer informatie over DuboCalc: <https://www.dubocalc.nl/>

<sup>6</sup> Meer informatie over het gebruik van de MKI-waarde als gunningscriterium: <https://www.dubocalc.nl/hoe-dubocalc-toepassen/>

### 1.3 Doelstelling en doelgroep

In deze studie zijn milieuprofielen opgesteld van energiedragers. Het doel van de studie is het aanvullen en verbeteren van de bestaande productkaarten van energiedragers in de Nationale Milieudatabase (NMD).

Onderhavige rapportage heeft tot doel om de gemaakte keuzes in materialen en milieudata te documenteren als verantwoording. De rapportage wordt, naast de ingevoerde productkaarten, aangeboden aan de NMD en via de rekeninstrumenten en de website beschikbaar worden gemaakt aan de sector.

De studie is opgesteld voor de volgende doelgroepen:

- Stichting NMD als beheerder van de NMD.
- Opdrachtgevers in de GWW- en B&U-sectoren als basis voor referentieontwerpen, verkennende (ontwerp)studies en voor gebruik in aanbestedingen.
- Organisaties die via bijvoorbeeld certificeringen duurzaamheid in de gebouwde omgeving willen stimuleren en daarbij gebruikmaken van NMD-data en/of rekeninstrumenten.
- Marktpartijen zoals ingenieurs- en adviesbureaus en aannemers actief in de GWW- en B&U-sectoren als informatiebron voor het gebruik van de NMD-data via rekeninstrumenten.
- Opstellers van LCA's om inzicht te krijgen in de uitgangspunten van productkaarten.

### 1.4 Verantwoording

De LCA is uitgevoerd conform de eisen en richtlijnen uit de *Bepalingsmethode Milieuprestatie bouwwerken versie 1.0 (juli 2020) en de wijzigingsbladen oktober 2020, februari 2021 en oktober 2021*. De Bepalingsmethode is gebaseerd op *ISO 14040 - ISO14044* en *NEN-EN 15804+A2:2019*<sup>7</sup>.

De LCA is uitgevoerd door LBP|SIGHT in samenwerking met stichting Nationale Milieudatabase. De gegevensverzameling heeft plaatsgevonden in de periode van september tot november, waarna aansluitend de berekeningen zijn uitgevoerd en het LCA-dossier is opgesteld.

Het LCA-dossier dat in het kader van deze studie is opgesteld, is niet getoetst door een externe derde partij. Echter de studie is wel intern getoetst door een tweede team van deskundigen. In deze crosscheck is gekeken naar onder andere de uitgangspunten van productsamenstelling en materiaalgebruik op basis van ontwerp- en praktijkkennis. Ook is de rekenwijze gecontroleerd.

De productkaarten, zoals deze op basis van deze studie zijn ingevoerd, zijn in beheer bij Stichting NMD. De studie is met de nodige zorgvuldigheid uitgevoerd. Als echter een derde van mening is dat de ingevoerde productkaarten en/of de onderhavige rapportage fouten bevatten, dan kan een verzoek tot rectificatie worden ingediend bij Stichting NMD. Deze zal een dergelijk verzoek conform haar procedures afwikkelen. Hiervoor kan een e-mail gestuurd worden aan [info@milieudatabase.nl](mailto:info@milieudatabase.nl).

---

<sup>7</sup> Alleen het optellen van milieu-impactscores tot een totaalscore (de MKI, zie hoofdstuk 4.6) valt buiten de ISO14044.

## 1.5 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt de methode voor de LCA beschreven. Hierin zijn onder andere de scope, systeemgrenzen en de functionele eenheid vastgelegd. In hoofdstuk 3 staat de levenscyclusinventarisatie. De specifieke beschrijving van de energiedrager en systeemgrenzen en de inventarisatie van de levenscyclusanalyse komen hierin aan bod. In hoofdstuk 4 zijn de resultaten, zwaartepunt- en gevoeligheidsanalyses beschreven, waarna in hoofdstuk 5 aanbevelingen zijn opgenomen.



## 2. Methode

### 2.1 Aanpak

Het project omvatte, in overeenstemming met het plan van aanpak, de volgende onderdelen:

#### *Betrokkenheid klankbordgroep*

- Oriënteren individuele gesprekken met leden van de klankbordgroep.
- Bijeenkomsten van de klankbordgroep (3).
- Verwerking van de feedback van de besprekingen met de klankbordgroep om zo te komen tot een definitieve bepalingsmethodiek voor het opstellen en invullen van productkaarten, definitieve set aan in beschouwing te nemen energiedragers, inclusief de te hanteren databronnen, definitieve dossiervorming en definitieve productkaarten.

#### *Onderzoek*

- Bureau studie opstellen bepalingsmethodiek voor het opstellen en invullen van productkaarten, daarbij uitgaande van uitgangspunten zoals gesteld in dit plan van aanpak. Ook omvat dit het onderzoek naar de te hanteren databronnen.
- Voorstel opstellen voor in beschouwing te nemen energiedragers.

#### *Uitwerking*

- Opstellen en invoeren van de productkaarten, inclusief dossiervorming.
- Weging van de impactcategorieën naar een 1-puntscore en opstellen van een relatietabel van verschillende energieprestatie-indicatoren.
- Gevoeligheidsanalyse inhoudelijk en beleidsmatig gewicht door doorrekening van een aantal referentiegebouwen, aan te sluiten bij de bestaande (BENG) referentiegebouwen.

### 2.2 Klankbordgroep

Voor het project is een klankbordgroep samengesteld gericht op een goede afspiegeling van de bouwpraktijk. In onderstaande tabel is weergegeven wie in de klankbordgroep zitting hebben gehad.

**Tabel 2.1**

Overzicht leden klankbordgroep

Organisatie	Naam	Opmerking
Alba Concepts	Thijs de Goede	
PIANOo	Machiel van Dalen	
Dutch Green Building Council (DGBC)	Ruben Zonnevrije	
Dutch Green Building Council (DGBC)	Rudy van der Helm	
Stichting W/E Adviseurs	David Anink	

SKAO, klimaatstichting HIER	Gijs Termeer	
RVO	Menno Brouwer	
Stichting Nationale Milieudatabase (NMD)	Piet van Luijk	
Stichting Nationale Milieudatabase (NMD)	John Drissen	
ProRail	Ted Luiten	Alleen schriftelijke deelnemer

In bijlage III zijn de verslagen van de overleggen opgenomen.

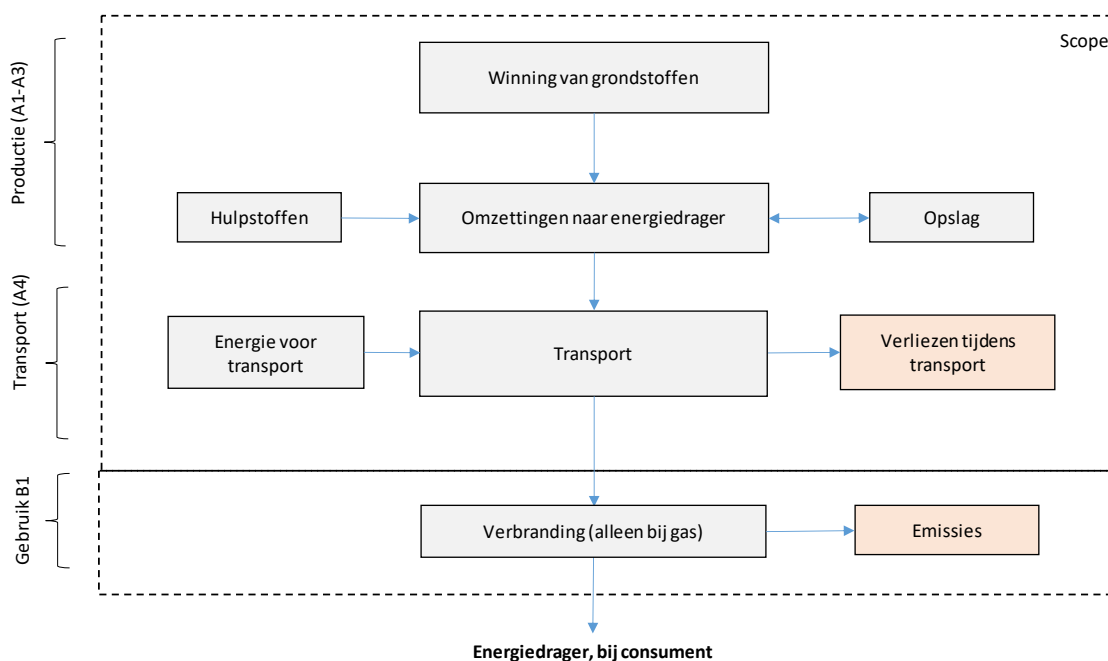
## 2.3 Scope

### 2.3.1 Algemene scope LCA energiedragers

In onderstaande figuur is een algemene opzet van de scope van een energiedrager weergegeven. Ten opzichte van de systeemgrenzen van een volledige LCA van een bouwproduct is deze beperkt tot alleen de productie-, transport- en gebruiksfasen (de laatste alleen bij aardgas).

In de *productiefase* wordt de winning van grondstoffen en de omzetting naar de finale energiedrager meegenomen, met toevoeging van eventuele hulpstoffen en mogelijk ook tijdelijke opslag (bijvoorbeeld bij aardgas). Vervolgens wordt de energiedrager naar de consument *getransporteerd*, waarbij energieverbruik voor transport en transportverliezen worden beschouwd. De *gebruiksfase* is alleen van toepassing bij energiedragers die bij de consument worden verbrand (zoals aardgas), daarvan worden de emissies bij verbranding opgenomen in het milieuprofiel.

De levensduur van productiecentrales is meegenomen in de achtergrondprocessen van Ecoinvent. Bijvoorbeeld: een gascentrale gaat 'x' jaar mee met een jaarlijkse opwekking van 'y' kWh. Dan wordt met deze data de 'hoeveelheid centrale' bepaald per kWh. Over dit aandeel van de centrale worden ook de baten (of lasten) binnen module D bepaald, wat ook wordt meegenomen in materialisatie externe levering.



**Figuur 2.2**

Algemene systeemgrenzen energiedrager

### 2.3.2 Omgang met import en export van energiedragers uit het buitenland

De import en export van energiedragers bij elektriciteit wordt niet meegenomen in deze LCA-studie. Over de herkomst van geïmporteerde en geëxporteerde elektriciteit is zowel voor grijze als hernieuwbare elektriciteit onvoldoende data beschikbaar om dit consistent mee te nemen in het resultaat. De import is per land bekend, maar niet per type elektriciteitsbron. Om deze reden zou het meenemen van import en export een onzekerheid toevoegen in de LCA-resultaten.

Bij aardgas is de herkomst van geïmporteerd gas niet in beeld. Daarom is de import van gasvormig aardgas conservatief volledig op Rusland gesteld en voor LNG de gemiddelde herkomst uit Ecoinvent aangehouden.

Dit wordt verder toegelicht in sectie 2.4. Op de invloed van import en export op het eindresultaat is een gevoeligheidsanalyse gedaan (sectie 4.4).

### 2.3.3 Referentieperiode energiemixen

Deze LCA-studie gebruikt voor de samenstelling van de energiemixen van energiedragers zo recent mogelijke data, in principe uit referentiejaar 2020. In het geval van warmte is uitgegaan van gegevens over het jaar 2019, de meest recente cijfers voor dat type energiedrager.

De netto energiedata van CBS-tabellen over 2020 zijn 'nader voorlopige cijfers'. Er is gekozen om deze te gebruiken om de meest actuele gegevens voorhanden te hebben. De meest recente definitieve cijfers zijn van 2018, die door de snel veranderende energiemix minder representatief worden geacht.

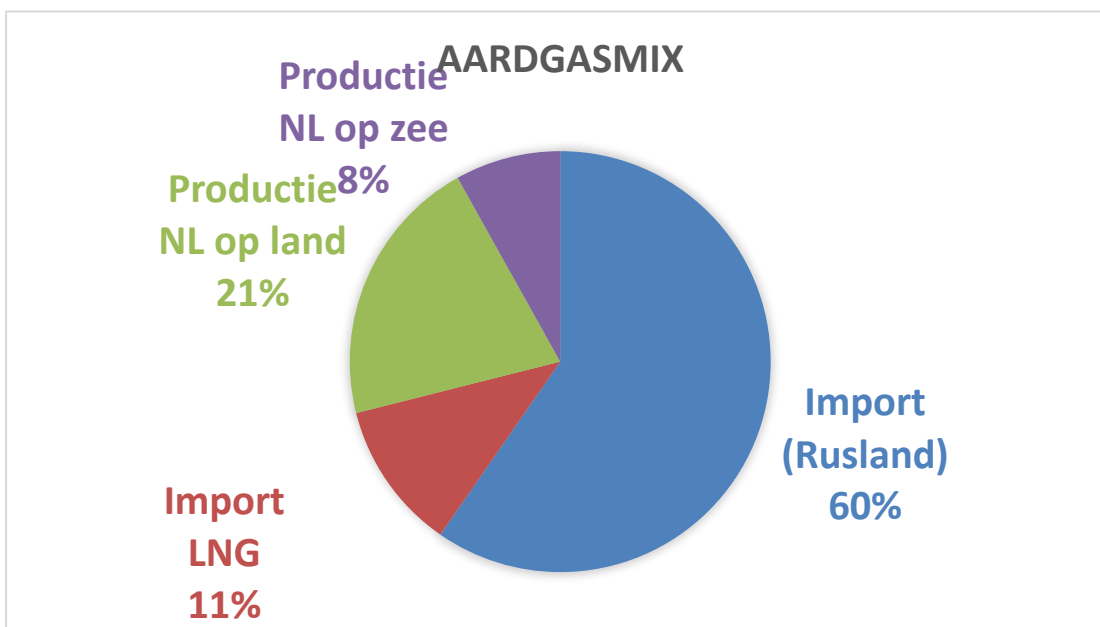
## 2.4 Beschrijving energiemixen

### 2.4.1 Aardgas

#### *Productiemix 2020*

Op basis van statistische gegevens van CBS<sup>8</sup> over het jaar 2020 zijn vier bronnen voor aardgas bepaald en het aandeel binnen de gemiddelde productiemix. Deze productiemix is weergegeven in figuur 2.3.

Sinds de afname van eigen productie in het gasveld bij Slochteren wordt er in Nederland steeds meer geïmporteerd, tot 2022 met name uit Rusland via pijpleidingen en ook vloeibaar via schepen (LNG). Ook wordt als 'gasronde' in Nederland een grote hoeveelheid weer geëxporteerd naar de landen direct om ons heen. Het is echter niet bekend waar het gas precies vandaan komt, welk gas precies wordt verbruikt in Nederland en welk gas weer wordt geëxporteerd. Daarom is de aanname gemaakt dat de 'verbruiksmix' in Nederland gelijk is aan de verhouding tussen import en binnenlandse productie. Ook wordt aangenomen dat alle import uit Rusland afkomstig is. Dit is een conservatieve benadering, want het achtergrondmodel in Ecoinvent voor dit type gas heeft in vergelijking met andere landen de hoogste milieueffecten.



**Figuur 2.3**

Aandeel bronnen aardgas in productiemix (Bron: CBS)

<sup>8</sup> Aardgasbalans; aanbod en verbruik, te vinden via:

<https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/00372/table?searchKeywords=aardgas>

### *Effect van verschuivingen import 2022*

Met de recente grote verschuivingen binnen de import van aardgas naar (onder andere) LNG wordt onderstaand toegelicht welke invloed dit heeft op het milieuprofiel van aardgasproductie.

In Tabel 2.2 is de aardgasbalans van de jaren 2020, 2021 en de eerste twee kwartalen van 2022 weergegeven. Hieruit blijkt dat er inderdaad een verschuiving te zien is van gasvormige invoer naar invoer van LNG. Hierbij moet worden opgemerkt dat de herkomst van het gas niet bekend is. Het is bijvoorbeeld wel algemeen bekend dat nog steeds een deel uit Rusland komt en dat dit deel kleiner is geworden, maar niet welk aandeel van de invoer dit precies betreft. Ook is bekend dat de invoer vanuit gasvormig uit andere landen waaronder Noorwegen, is gestegen. Doordat er geen gegevens bekend zijn over de samenstelling van de importmix van gasvormig aardgas, is het niet mogelijk om op dat punt aanpassingen te doen aan de modellering van de energiedrager aardgas.

De verschuiving in LNG import geeft nog geen aanleiding voor aanpassing van de gehanteerde productiemix. In de gevoeligheidsanalyse wordt hier nog verder bij stilgestaan.

#### **Tabel 2.2**

Aardgasbalans: winning en invoer in 2020, 2021 en Q1/Q2 2022

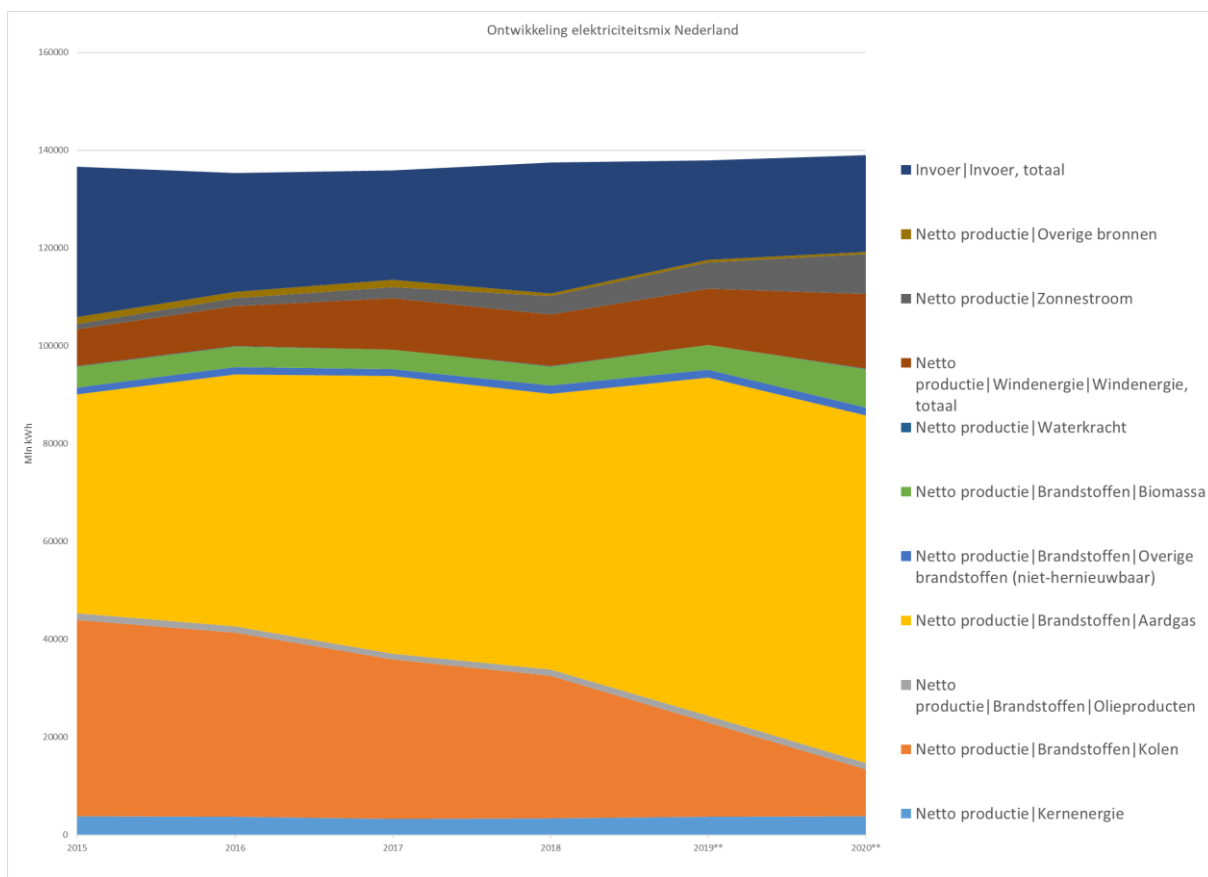
Aardgasbalans	2020	2021	2022 Q1	2022 Q2
Winning totaal (72% land, 28% zee)	29%	28%	29%	22%
Invoer gasvormig	60%	59%	50%	56%
Invoer lng	11%	13%	21%	22%

Uit: [Aardgasbalans; aanbod en verbruik](#) (CBS)

#### **2.4.2 Elektriciteit**

De afgelopen jaren is het aandeel hernieuwbare energie toegenomen in de elektriciteitsmix. Ook is het aandeel van gas toegenomen en het aandeel van energie uit kolen gedaald. Dit is te zien in figuur 2.4. Hierin wordt de netto elektriciteitsmix van 2015 tot 2020 weergegeven. Van voor 2015 heeft CBS geen volledige gegevens.<sup>9</sup>

<sup>9</sup>CBS (2021), Elektriciteitsbalans; aanbod en verbruik. Geraadpleegd op 15 oktober 2021, via: <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/84575NED/table?ts=1633510318678>



**Figuur 2.4**

Ontwikkeling Nederlandse elektriciteitsmix (Bron: CBS)

#### Netto elektriciteitsmix 2020

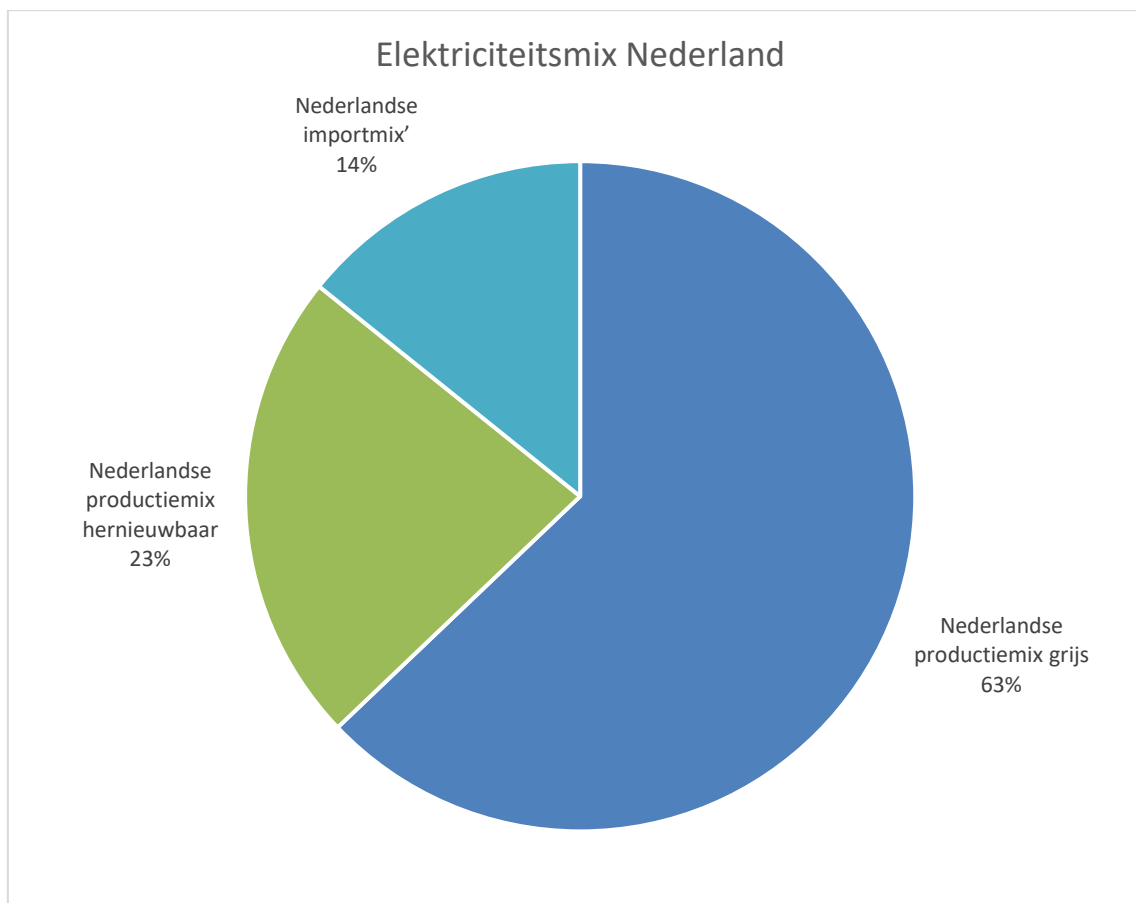
In 2020 was er een netto elektriciteitsproductie van **119.238 miljoen kWh** (CBS, 2021)<sup>10</sup>.

- De netto Nederlandse energiemix is de meest recente jaardata. De bruto productie is het totaal aan geproduceerde energie, de netto productie het totaal en energie die de centrale uitgaat. Het verschil tussen bruto en netto zit in eigen gebruik van energie van de centrale.

<sup>10</sup>CBS (2021), Elektriciteitsbalans; aanbod en verbruik over 2020. Geraadpleegd op 15 oktober 2021, via: <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/84575NED/table?dl=525A1>



De Nederlandse elektriciteitsmix is op te delen in de 'Nederlandse productiemix grijs', 'Nederlandse productiemix hernieuwbaar' en de 'Nederlandse importmix'. De verdeling is te zien in figuur 2.5.



**Figuur 2.5**

Aandeel hernieuwbaar, grijs en import over 2020 (Bron: CBS)

### 2.4.3 Warmte

Op basis van het rapport 'Warmtemonitor 2019<sup>11</sup>', uitgegeven door het CBS zijn productiebronnen voor grijze en hernieuwbare warmte bepaald en is het aandeel binnen de gemiddelde productiemix bepaald. Deze productiemixen zijn weergegeven in figuur 2.6 en figuur 2.7. Om een volledige configuratie voor hernieuwbare warmte met betrouwbare levering van warmte te modelleren is ook hier warmte uit een hulpwarmtebron opgenomen, eveneens met een aandeel van 15% binnen de totale warmteproductiemix.

Het aandeel warmte uit hulpwarmtebronnen valt niet exact af te leiden uit het rapport van CBS, alleen het aandeel van decentraal opgestelde hulpwarmtebronnen is bekend. Deze warmteproductie heeft echter wel een grote invloed op de milieuscore.

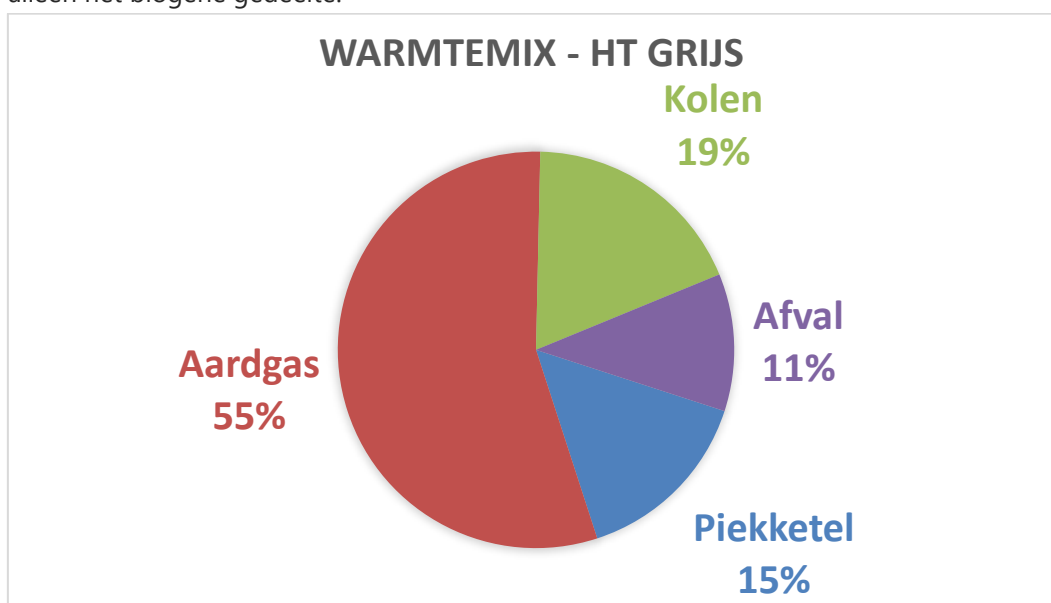
<sup>11</sup> Zie Rapportage Warmtemonitor 2019, te bereiken op: <https://www.cbs.nl/-/media/pdf/2020/35/warmtemonitor-2019.pdf>

Daarop zijn de zogenoemde *warmte-etiketten* van warmteleveranciers nageslagen, waarop per productiejaar de productiebronnen van verschillende warmtenetten vermeld staan. Helaas levert dit niet direct een overzichtelijk beeld op van Nederland, het aandeel wordt alleen goed vermeld bij het warmte-etiket van leverancier Eneco. In 2019<sup>12</sup> en 2020<sup>13</sup> was de warmte voor de verschillende warmtenetten van Eneco respectievelijk 14% en 13% afkomstig uit hulpketels gas. Hierop is een standaardpercentage van 15% voor warmte uit hulpketels gas vastgesteld.

Ook valt de verhouding tussen kolen- en gascentrales bij warmte uit elektriciteitscentrales niet af te leiden. Kolencentrales hebben een aanzienlijk hogere milieubelasting per gegenereerde hoeveelheid warmte in vergelijking met gascentrales. Het is bekend dat het aandeel elektriciteitscentrales op gas dat ingezet wordt voor warmtenetten een stuk hoger ligt dan elektriciteitscentrales op kolen, maar het aandeel in de warmteproductie van beide typen is echter niet bekend. Als conservatieve aanname is gesteld dat 25% van de warmte uit elektriciteitscentrales uit kolen afkomstig is.

De verhouding tussen warmteproductie uit biogas- en biomassacentrales valt niet uit de rapportage van CBS af te leiden (dit is een gezamenlijke categorie 'biomassa'). Biogas heeft een hogere milieubelasting per gegenereerde hoeveelheid warmte in vergelijking met warmte uit biomassacentrales. Als aanname is gesteld dat 50% van de warmte uit biomassa en 50% uit biogas afkomstig is.

Voor warmte uit AVI is bij grijs alleen het niet-biogene gedeelte meegerekend en bij hernieuwbaar alleen het biogene gedeelte.

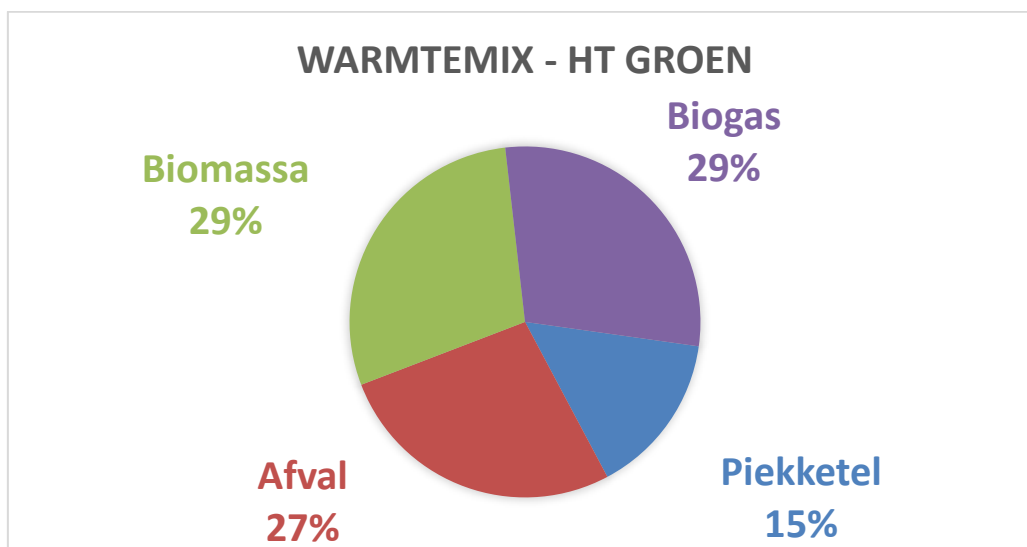


**Figuur 2.6**

Aandeel bronnen aardgas in productiemix (Bron: warmtemonitor CBS)

<sup>12</sup> Zie warmte-etiket Eneco 2019, te bereiken via: <https://www.eneco.nl/over-ons/~media/content/pdf/warmte-etiket/warmte-etiket-2019.pdf/>

<sup>13</sup> Zie warmte-etiket Eneco 2020, te bereiken via: [https://www.eneco.nl/grootzakelijk/~media/content/pdf/warmte-etiket/eneco\\_warmte-etiket\\_2020.pdf?la=en/&hash=D2FB65440983D77521B27E84B62A6812](https://www.eneco.nl/grootzakelijk/~media/content/pdf/warmte-etiket/eneco_warmte-etiket_2020.pdf?la=en/&hash=D2FB65440983D77521B27E84B62A6812)



**Figuur 2.7**

Aandeel bronnen aardgas in productiemix (Bron: warmtemonitor CBS)

Voor lage temperatuurverwarming is geen productiemix beschikbaar, daar zijn aannames gemaakt om met beperkte beschikbaarheid van achtergronddata toch productkaarten op te kunnen stellen.

## 2.5 Functionele eenheid

De volgende functionele eenheden zijn gehanteerd:

- Aardgas, verbrand, bij consument, per m<sup>3</sup>
- Elektriciteit, Grijs, bij consument, per kWh
- Elektriciteit, Nederlandse mix (73% grijs, 27% hernieuwbaar), bij consument, per kWh
- Elektriciteit, Nederlandse hernieuwbare mix, bij consument, per kWh
- Elektriciteit, hernieuwbaar, uit biomassa, bij consument, per kWh
- Elektriciteit, hernieuwbaar, van windturbines op zee, bij consument, per kWh
- Elektriciteit, hernieuwbaar, van windturbines op land, bij consument, per kWh
- Elektriciteit, hernieuwbaar, uit PV, bij consument, per kWh
- Warmte, Hoge Temperatuur, Grijs, bij consument, per MJ
- Warmte, Hoge Temperatuur, Hernieuwbaar, bij consument, per MJ
- Warmte, Lage Temperatuur, Grijs, bij consument, per MJ
- Warmte, Lage Temperatuur, Hernieuwbaar, bij consument, per MJ

De volgende functionele eenheden zijn gehanteerd voor de materialisatie externe levering:

- Aardgas, verbrand, materialisatie externe levering, per m<sup>3</sup>
- Elektriciteit, Nederlandse mix, materialisatie externe levering, per kWh
- Elektriciteit, elektriciteitsnet zonder opwekkingsmiddelen, materialisatie externe levering, per kWh
- Warmte, Hoge Temperatuur, Grijs, materialisatie externe levering, per MJ
- Warmte, Hoge Temperatuur, Hernieuwbaar, materialisatie externe levering, per MJ
- Warmte, Lage Temperatuur, Grijs, materialisatie externe levering, per MJ
- Warmte, Lage Temperatuur, Hernieuwbaar, materialisatie externe levering, per MJ

Bij aanleg van een gebouw of werk heeft men niet de keuze voor een grijs of hernieuwbaar elektriciteitsnet. Er is gekozen om voor materialisatie externe levering daarom maar een type productkaart voor elektriciteit beschikbaar te stellen, op basis van verhouding binnen de Nederlandse productiemix tussen grijze en hernieuwbare elektriciteit. Bij warmte staat de configuratie van het net vast en is de MPG-berekening hier specifiek op aan te passen.

## 2.6 Systeemgrenzen

De processen die binnen de LCA worden bekeken zijn afgebakend met zogenaamde systeemgrenzen. De systeemgrenzen bepalen welke fasen en processen van de levenscyclus worden meegenomen in de LCA. In tabel 2.3, volgend uit de *EN 15804* en de *Bepalingsmethode*, staat vastgelegd welke informatie er per levenscyclusfase beschouwd moet worden. In deze LCA is de milieu-impact over de gehele levenscyclus meegenomen. Echter, de milieu-impact van de geanalyseerde energiedragers uit zich uitsluitend in de volgende modules: A1-A3, A4, B1 (alleen aardgas) en D.

**Tabel 2.3**

Systeemgrenzen (X: Module meegenomen in LCA-studie)

		Productiefase			Bouwfase		Gebruiksfase					Sloop- en verwerkingsfase				Volgende productie systeem
		A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	D
		Winning van grondstoffen	Transport	Productie	Transport	Bouw- en installatie	Gebruik	Onderhoud	Reparatie	Vervangingen	Verbouwingen	Sloop	Transport	Afvalverwerking	Finaleafvalverwerking	Mogelijkheden voor hergebruik, teruggwinning en recycling
LCA energiedragers	Module van toepassing	x	x	x	x	nvt	x	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	x

In de gebruikte achtergrondprocessen zijn ten minste de volgende ingrepen meegenomen in de analyse:

- emissies naar de lucht bij het gebruik van thermische energie van CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub> (N<sub>2</sub>), SO<sub>2</sub>, C<sub>x</sub>H<sub>x</sub> en fijnstof (PM10 deeltjes < 10Um)
- emissies naar water van CVZ, BZV, P-totaal, N-totaal en vaste stoffen (PM10: deeltjes < 10um)
- emissies naar bodem van PAK en zware metalen

### 2.6.1 Rol binnen scope LCA gebouwen, producten

Naast de scope binnen de energiedrager zelf, is het van belang om de toepassing van de productkaarten van energiedragers binnen de scope van een bouwproduct, of LCA op gebouwniveau te aanschouwen:

- *Toepassing bij LCA van bouwproducten.* Dit geldt met name voor de productie (A3), maar energiedragers kunnen ook van toepassing zijn bij met name bij installatie (A5), onderhoud (B2), reparatie (B3), vervangingen (B4), verbouwingen (B5) en wanneer (optioneel) energieverbruik in de gebruiksfase wordt gedeclareerd (B6).  
Vervolgens kunnen er nog bij sloop (C1) energiedragers van toepassing zijn. Het is mogelijk dat er in modules A1, A2, A4, C2-C4 en D ook energiedragers worden toegepast, maar het is niet gebruikelijk omdat meestal een forfaitair achtergrondproces van Ecoinvent wordt toegepast.
- *Toepassing bij energiegebruik in gebruiksfase LCA op gebouw- of werkniveau.* Bij LCA's op het niveau van een gebouw of GWW-werk, bijvoorbeeld de Milieuprestatie Gebouwen (MPG), berekeningen volgens EN15978 of GWW-calculaties kan er ook voor worden gekozen om energiegebruik tijdens de gebruiksfase (module B6) mee te nemen. Standaard is dit volgens de NMD Bepalingsmethode optioneel. In de huidige MPG-systematiek wordt materialisatie externe levering gedeclareerd in productie/bouwfase. Bij toepassing van energiegebruik tijdens de gebruiksfase (B6) moet er goed op worden gelet dat niet zowel de productkaart voor materialisatie externe levering, als de volledige productkaart voor de energiedrager wordt meegenomen. Dit zou een dubbeltelling van de effecten van materialisatie externe levering betekenen. Er wordt in dat geval geadviseerd de materialisatie externe levering buiten de berekening te laten (B6 komt dan 'in de plaats van').

In tabel 2.4 is indicatief de meest gebruikelijke toepassing van de productkaarten van energiedragers bij LCA op productniveau weergegeven. Voor werk- en gebouwniveau geldt dus specifiek mogelijke toepassing in module B6, operationeel energiegebruik. C

**Tabel 2.4**

Gebruik productkaarten energiedragers bij systeemgrenzen product en/of LCA op werk- of gebouwniveau

		Productiefase				Bouwfase				Gebruiksfase				Sloop- en verwerkingsfase				Volgende productie systeem
		A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
		Winning van grondstoffen	Transport	Productie	Transport	Bouw- en installatie	Gebruik	Onderhoud	Reparatie	Vervangingen	Verbouwingen	operationeel energiegebruik	operationeel watergebruik	Sloop	Transport	Afvalverwerking	Finaleafvalverwerking	Mogelijkheden voor hergebruik, terugwinning en recycling
Bouwproduct	Module van toepassing			x		x		x	x	x	x			x				

## 2.7 Buiten beschouwing gelaten - correctie op efficiëntie van productiemiddelen

Een van de wensen bij aanvang van deze studie was het bepalen van de efficiëntie van de verschillende type productiemiddelen in Nederland, vergelijking met de gemodelleerde efficiëntie van achtergronddata (Ecoinvent) en toepassen van correcties.

Een voorbeeld hiervan is de efficiëntie van kolencentrales. Uit de achtergrondmodellen van Ecoinvent 3.6 is af te leiden dat de efficiëntie van omzetting van kolen naar elektriciteit gemodelleerd is rond de 30-35%, terwijl de gemiddelde efficiëntie van elektriciteitsproductie van kolencentrales in Nederland significant hoger is (40-50%). Dit resulteert dus in een minder gunstig milieuprofiel voor kolenstroom dan waarschijnlijk in werkelijkheid het geval is. Hetzelfde geldt voor hernieuwbare productiemiddelen, zo is de achtergronddata van zonnepanelen behoorlijk gedateerd (soms zelfs van voor 2010), waardoor de opwekking van zonnestroom waarschijnlijk te hoge milieueffecten krijgt toegewezen.

Analyse van deze verschillen en het bepalen van een realistische correctiefactor is dermate complex, dat ervoor is gekozen om geen correcties toe te passen. Ook zou dit de onderhoudsinspanning aanzienlijk verhogen. Dit sluit aan bij een conservatieve benadering, wat niet erg is gezien de status van deze kaarten (algemene toepassing, vergelijkbaar met categorie 3).



### 3. Levenscyclusinventarisatie (LCI)

In dit hoofdstuk wordt per energiedrager een beschrijving van het energiesysteem gegeven en wordt de samenstelling van de productkaarten en de modellering besproken. In bijlage I is per module de inventarisatie van de productkaart weergegeven, inclusief de gehanteerde achtergrondprocessen uit Ecoinvent.

#### 3.1 Dataverzameling

Voor het bepalen van de processtappen, het materiaal- en brandstofgebruik en de bijbehorende processen rondom energiedragers is gebruikgemaakt van bureaustudie. Ook is er op sommige punten gebruikgemaakt van aanwijzingen van experts.

Voor het berekenen van de levenscyclusanalyse zijn gegevens verzameld van de verschillende processen die binnen de systeemgrenzen van deze LCA-studie vallen. Hierbij is in de uitwerking aandacht besteed aan de *precisie, compleetheid, representativiteit, consistentie* en *reproduceerbaarheid* van de gegevens.

Vanuit deze processendatabase geeft de Bepalingsmethode ook forfaitaire waarden voor de meest belangrijke achtergrondprocessen waarmee gerekend moet worden als specifieke gegevens niet beschikbaar zijn. Het betreft hierbij voornamelijk de eindelevensscenario's en de processen voor transport.

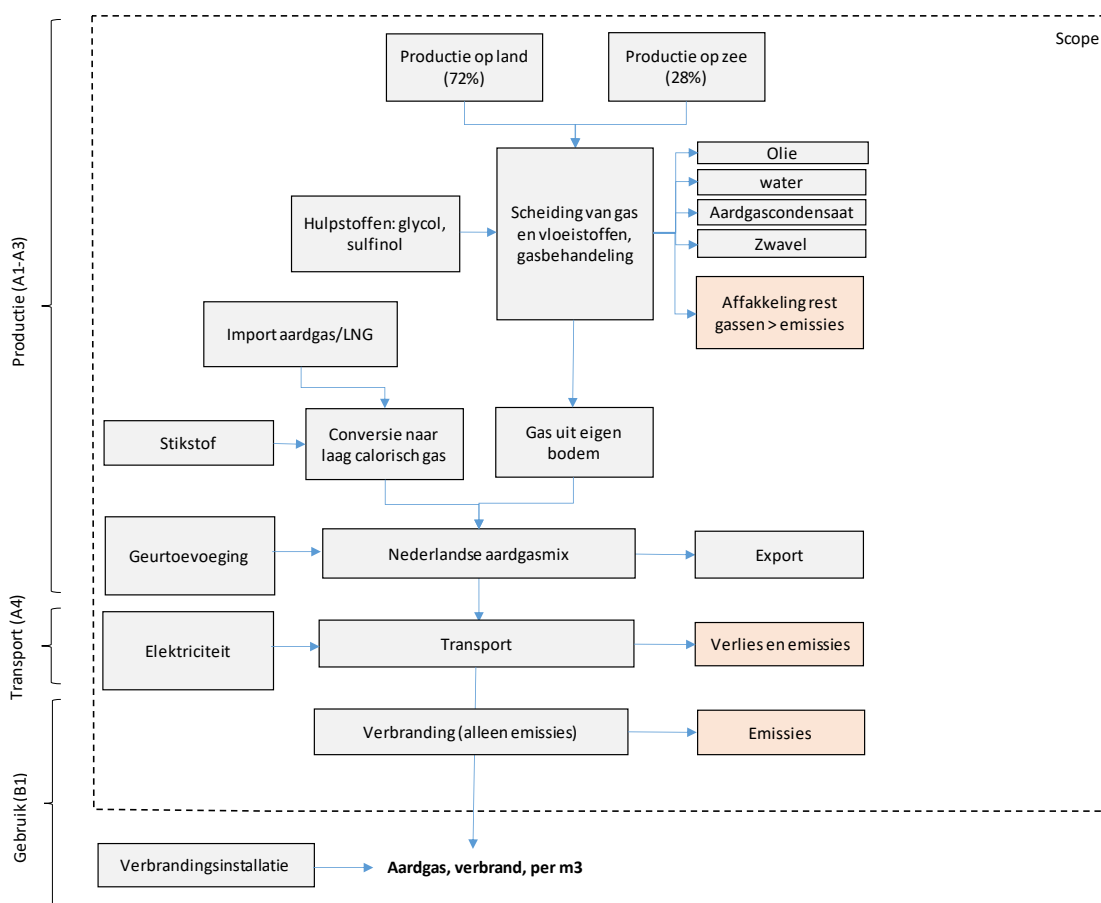
#### 3.2 Decompositie in materialen en processen

Voor de beschouwde energiedragers zijn de input- en output stromen per levensfase/module geïnventariseerd. In deze paragraaf is per energiedrager beschreven welke uitgangspunten zijn gehanteerd.

#### 3.3 Aardgas

##### 3.3.1 Systeemgrenzen

Voor de productkaart van aardgas, hoge temperatuur, grijs zijn de systeemgrenzen gehanteerd zoals weergegeven in figuur 3.1. Naast de modules A1-A3 (productie van aardgas) en A4 (transport naar consument) is module B1 meegenomen, voor het modelleren van de emissies bij verbranding in de gebruiksfase. Tot slot is module D meegenomen in de analyse (Baten en lasten buiten systeemgrenzen).



**Figuur 3.1**

Systeemgrenzen Aardgas, verbrand, bij consument, per m<sup>3</sup>

### 3.3.2 Levenscyclusinventarisatie (LCI)

Hieronder volgt een korte toelichting per module. De LCI met geselecteerde achtergrondmodellen is weergegeven in bijlage I.

#### 3.3.2.1 Productiefase (A1-3)

##### A1-A3

Op basis van statistische gegevens van CBS<sup>14</sup> over het jaar 2020 zijn vier bronnen voor aardgas bepaald en het aandeel binnen de gemiddelde productiemix. Deze productiemix is weergegeven in tabel 3.1.

Sinds de afname van eigen productie in het gasveld bij Slochteren wordt er in Nederland steeds meer geïmporteerd, met name uit Rusland via pijpleidingen en ook vloeibaar via schepen (LNG).

<sup>14</sup> Aardgasbalans; aanbod en verbruik, te vinden via:

<https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/00372/table?searchKeywords=aardgas>

Ook wordt als 'gasronde' Nederland een grote hoeveelheid weer geëxporteerd naar de landen direct om ons heen. Het is echter niet bekend waar het gas precies vandaan komt, welk gas precies wordt verbruikt in Nederland en welk gas weer wordt geëxporteerd. Daarom is de aanname gemaakt dat de 'verbruiksmix' in Nederland gelijk is aan de verhouding tussen import en binnenlandse productie. Ook wordt aangenomen dat alle import uit Rusland afkomstig is. Dit is een conservatieve benadering, want het achtergrondmodel in Ecoinvent voor dit type gas heeft in vergelijking met andere landen de hoogste milieueffecten.

**Tabel 3.1**

Aandeel bronnen aardgas in productiemix

Productiebron aardgas	Aandeel %
Invoer gasvormig (Rusland)	59,6%
Invoer Liquefied Natural Gas (LNG)	11,4%
Productie NL op land	20,8%
Productie NL op zee	8,1%

Voor elke productiebron is een representatief achtergrondmodel gekozen uit Ecoinvent. Ook zijn de milieueffecten van de eindelevensbehandeling van de materialisatie van de infrastructuur (warmteproductiecentrales) geanalyseerd, zowel binnen module A1-A3 als module D. Dit wordt normaal gesproken bij LCA's volgens de bepalingmethode buiten beschouwing gelaten vanwege de geringe invloed. Bij de energiedragers is het echter een meer relevant effect, met name bij de productkaarten voor de 'materialisatie externe levering', aangezien deze alleen over de materialisatie gaan.

Er is bij deze deelaanpak een beperkte scope aangehouden: er is een eerste orde berekening uitgevoerd, waarbij is gekeken naar de belangrijkste bijdrage aan de infrastructuur: het transport via pijpleiding. Daarbij is een vereenvoudiging toegepast: er is gekeken naar de materialen bij transport vanuit Rusland. Een analyse van de achtergrondmodellen wijst uit dat staal een dominante invloed heeft op de milieueffecten van de infrastructuur.

Analyse van de beschikbare achtergrondmodellen geeft aan dat er helaas geen impacts zijn meegenomen voor benodigde omzettingen van het aardgas naar laagcalorisch Nederlands gas (stikstof toevoeging), evenals impacts van bijvoorbeeld geurtoevoegingen. Dit is bij de berekeningen daarom ook buiten beschouwing gelaten.

#### 3.3.2.2 Transportfase (A4)

Binnen deze module is uitsluitend het transport binnen Nederland opgenomen, transport van invoer uit het buitenland naar Nederland zit in module A1-A3. Bij het transport van aardgas treden verliezen op, vinden emissies plaats en is energie nodig. Deze zijn overgenomen uit de beschikbare achtergrondmodellen in Ecoinvent. De verliezen bij hoge druk bedragen 10,5%, bij druk 1,0%. Het is niet duidelijk waarom deze verliezen bij hoge druk zo hoog zijn, maar bij gebrek aan betere informatie is deze modellering overgenomen.

Het conservatieve uitgangspunt wordt gehanteerd dat alle aardgas zowel over het hoge druk- als lage drukdistributienet moet worden getransporteerd. Mogelijk worden deze productkaarten ook voor aardgas op middel en hoge druk gebruikt, dan worden de milieueffecten licht overschat.

Ook zijn de milieueffecten van de eindelevensbehandeling van de materialisatie van de infrastructuur (pijpleiding) geanalyseerd, zowel binnen module A4 als module D. De verwachting is dat dit met name bij de productkaarten voor de 'materialisatie externe levering' een significant effect heeft, aangezien deze alleen over de materialisatie gaan. Hierbij is weer gekeken naar de belangrijkste materialen, in dit geval staal en koper. Deze vormen binnen de betreffende achtergrondmodellen de dominante bijdrage aan de totale milieueffecten.

### 3.3.2.3 Gebruiksfase (B1)

Voor de emissies in de gebruiksfase is een achtergrondmodel van verbranding van aardgas uit Ecoinvent gebruikt. Hiervoor zijn alle representatieve modellen vergeleken en is een model voor uitstoot vastgesteld. Onderstaand wordt dit proces verder toegelicht.

**Tabel 3.2**

Representatieve achtergrondmodellen verbrandingsemissies aardgas

Achtergrondmodel	MKI (volgens set 1, Ecoinvent 3.6), per MJ
Heat, district or industrial, natural gas {Europe without Switzerland}  heat production, natural gas, at industrial furnace low-NOx >100kW   Cut-off, U	0,0046
Heat, district or industrial, natural gas {Europe without Switzerland}  heat production, natural gas, at industrial furnace >100kW   Cut-off, U	0,0042
Heat, district or industrial, natural gas {Europe without Switzerland}  heat production, natural gas, at boiler modulating >100kW   Cut-off, U	0,0042
Heat, district or industrial, natural gas {Europe without Switzerland}  heat production, natural gas, at boiler condensing modulating >100kW   Cut-off, U	0,0039
Heat, central or small-scale, natural gas {Europe without Switzerland}  heat production, natural gas, at boiler modulating <100kW   Cut-off, U	0,0054
Heat, central or small-scale, natural gas {Europe without Switzerland}  heat production, natural gas, at boiler fan burner non-modulating <100kW   Cut-off, U	0,0055
Heat, central or small-scale, natural gas {Europe without Switzerland}  heat production, natural gas, at boiler fan burner low-NOx non-modulating <100kW   Cut-off, U	0,0060
Heat, central or small-scale, natural gas {Europe without Switzerland}  heat production, natural gas, at boiler condensing modulating <100kW   Cut-off, U	0,0051
Heat, central or small-scale, natural gas {Europe without Switzerland}  heat production, natural gas, at boiler atmospheric non-modulating <100kW   Cut-off, U	0,0055
Heat, central or small-scale, natural gas {Europe without Switzerland}  heat production, natural gas, at boiler atmospheric low-NOx non-modulating <100kW   Cut-off, U	0,0058
Heat, central or small-scale, natural gas {Europe without Switzerland}  heat production, natural gas, at boiler atm. low-NOx condensing non-modulating <100kW   Cut-off, U	0,0053

Om meer inzicht te krijgen in de verschillende verbrandingsprocessen uit Ecoinvent, zijn in tabel 3.3 de inputs van 2 achtergrondprocessen naast elkaar gezet. Dit zijn verbrandingsprocessen in een kleine en een grote installatie, de 'low-NOx' varianten tot en boven 100 kW.

De verschillende typen emissies en inputs bij deze twee achtergrondprocessen zijn hetzelfde, maar hebben afwijkende waarden. De input van gas per MJ is verschillend, wat gerelateerd is aan een verschil in efficiëntie. De bijdragen van de inputs gas, elektriciteit en verbrandingsinstallaties op de MKI zijn behoorlijk groot en verschillen nogal (respectievelijk 43% en 22% voor deze achtergrondprocessen). Dit heeft met name te maken met een verschil in gasaanvoer, bij de industriële processen komt dit uit hoge drukleiding en bij kleine installaties uit lage drukleiding. Gas uit lage drukleiding heeft een hogere MKI. Tot slot is er binnen de achtergrondprocessen ook een verschil in hoeveelheid elektriciteitsgebruik en kapitaalgoederen (afschrijving installatie per MJ), dit komt door verschil in type installatie.

**Tabel 3.3**

Vergelijking 2 achtergrondmodellen verbranding aardgas Ecoinvent 3.6, 'low-NOx' tot en boven 100 kW.

Achtergrondproces	Heat, central or small-scale, natural gas {Europe without Switzerland}  heat production, natural gas, at boiler fan burner low-NOx non-modulating <100kW   Cut-off, U	Heat, district or industrial, natural gas {Europe without Switzerland}  heat production, natural gas, at industrial furnace low-NOx >100kW   Cut-off, U	Eenheid
<i>Emissie naar lucht</i>			
Acetaldehyde	1,11E-05	1,09E-09	kg
Acetic acid	1,67E-03	1,64E-04	kg
Benzene	4,44E-03	4,36E-07	kg
Benzo(a)pyrene	1,11E-07	1,09E-11	kg
Butane	7,78E-03	7,63E-07	kg
Carbon dioxide, fossil	6,22E-02	6,10E-02	kg
Carbon monoxide, fossil	1,56E-01	3,27E-05	kg
Dinitrogen monoxide	1,11E-03	5,45E-07	kg
Formaldehyde	1,11E-03	1,09E-07	kg
Mercury	3,33E-07	3,27E-11	kg
Methane, fossil	2,22E-02	2,18E-06	kg
Nitrogen oxides	2,56E-01	2,18E-05	kg
PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons	1,11E-04	1,09E-08	kg
Particulates, < 2.5 um	1,11E-03	1,09E-07	kg
Pentane	1,33E-02	1,31E-03	kg
Propane	2,22E-03	2,18E-07	kg
Propionic acid	2,22E-04	2,18E-08	kg
Sulfur dioxide	6,11E-03	6,00E-04	kg
Toluene	2,22E-03	2,18E-07	kg
<i>Input uit technosfeer</i>			
electricity, low voltage	4,63E-03	6,06E-03	kWh
furnace/boiler	3,11E-05	7,19E-04	unit
natural gas	2,85E-02	2,79E-02	m3

In tabel 3.4 is de spreiding in emissies van alle verbrandingsprocessen (genoemd in tabel 3.2) weergegeven. Daarbij zijn de inputs van gas, elektriciteit en kapitaalgoederen buiten beschouwing gelaten. Ook zijn de emissies omgerekend naar 1 m<sup>3</sup> gas, om onafhankelijk van de efficiëntie de emissies per m<sup>3</sup> te kunnen beschouwen.

Daarbij blijken bij de meeste emissies per m<sup>3</sup> bij alle achtergrondmodellen (nagenoeg) gelijk te zijn. Bij 6 typen emissies is er een verschil, deze zijn vetgedrukt in de tabel. Ook zijn er nu enkele emissies naar water in beeld, behorende bij boilers die warmte terugwinnen uit uitlaatgassen waarbij condenswater met lage pH ontstaat (in Ecoinvent 'condensing boiler' genoemd).

Om de invloed van deze verschillen op de resultaten van de productkaart aardgas goed in kaart te brengen is ook gekeken naar welke emissies het meeste bijdragen in de MKI. Het blijkt dat bij de emissies in al de achtergrondmodellen uit Tabel 3.2 bij de MKI de milieueffectcategorieën GWP (90%) en Humane Toxiciteit (8%) de meest dominante factoren zijn. De hoeveelheid GWP wordt vervolgens weer voor ruim 99% gevormd door *Carbon dioxide, fossil*, Humane Toxiciteit voor 72% door *PAH (polycyclic aromatic hydrocarbons)* en voor 27% door *Benzene*. De invloed van uitstoot van stikstofverbindingen op de MKI is zeer beperkt.

Wanneer teruggerekend naar een m<sup>3</sup> gas zijn de hoeveelheden CO<sub>2</sub>-uitstoot, PAH en Benzeen exact gelijk bij al deze modellen.

**Tabel 3.4**

Overzicht minimum en maximum per type emissie, van alle achtergrondmodellen van tabel 3.2.

	Minimum	Maximum	Eenheid
<i>Emissie naar lucht</i>			
Acetaldehyde	3,90E-08	3,90E-08	kg
Acetic acid	5,85E-06	5,85E-06	kg
Benzene	1,56E-05	1,56E-05	kg
Benzo(a)pyrene	3,90E-10	3,90E-10	kg
Butane	2,73E-05	2,73E-05	kg
Carbon dioxide, fossil	2,18E+00	2,18E+00	kg
<b>Carbon monoxide, fossil</b>	<b>5,46E-05</b>	<b>1,17E-03</b>	<b>kg</b>
<b>Dinitrogen monoxide</b>	<b>1,95E-06</b>	<b>1,95E-05</b>	<b>kg</b>
<b>Formaldehyde</b>	<b>3,90E-06</b>	<b>3,90E-05</b>	<b>kg</b>
Mercury	1,17E-09	1,17E-09	kg
Methane, fossil	7,80E-05	7,80E-05	kg
<b>Nitrogen oxides</b>	<b>3,86E-04</b>	<b>5,77E-03</b>	<b>kg</b>
PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons	3,90E-07	3,90E-07	kg
<b>Particulates, &lt; 2.5 um</b>	<b>3,90E-06</b>	<b>7,80E-06</b>	<b>kg</b>
Pentane	4,68E-05	4,68E-05	kg
Propane	7,80E-06	7,80E-06	kg
Propionic acid	7,80E-07	7,80E-07	kg



<b>Sulfur dioxide</b>	<b>1,95E-05</b>	<b>2,15E-05</b>	<b>kg</b>
Toluene	7,80E-06	7,80E-06	kg
<i>Emissie naar water (alleen bij condenserende installaties)</i>			
Nitrate	5,07E-06	5,07E-06	kg
Nitrite	1,17E-07	1,17E-07	kg
Sulfate	1,95E-06	1,95E-06	kg
Sulfite	1,95E-06	1,95E-06	kg

In het uitstootmodel wordt uitgegaan van de hierboven bepaalde emissies per m<sup>3</sup>. Daarbij is de CO<sub>2</sub>-emissie, die voor ongeveer 90% verantwoordelijk is voor de MKI-waarde van de emissies in de huidige modellering, gecorrigeerd naar de Nederlandse situatie. Deze hangt namelijk in sterke mate af van de calorische waarde van het gas (de hoeveelheid methaan in het gas).

Deze CO<sub>2</sub>-emissie per GJ wordt elk jaar vastgesteld door RVO op basis van werkelijke metingen aan de gassamenstelling in Nederland. In 2021 was deze 56,5 kg/GJ<sup>15</sup>. Hierbij zit CO<sub>2</sub> dat ontstaat bij verbranding en CO<sub>2</sub> dat al aanwezig is in het gas. Door de stookwaarde met de emissiefactor te vermenigvuldigen kom je uiteindelijk op 1,788 kg CO<sub>2</sub> per m<sup>3</sup> gas, significant lager dan de 2,18 kg CO<sub>2</sub> per m<sup>3</sup> uit tabel 3.4.

#### 3.3.2.4 Baten en lasten buiten de systeemgrenzen (D)

De baten en lasten buiten de systeemgrenzen zijn berekend voor de vrijgekomen materialen uit module A1-A3 en module A4, volgens forfaitaire eindelevensscenario's.

In bijlage I is per module de inventarisatie van de gehele productkaart weergegeven, inclusief gehanteerd achtergrondproces uit Ecoinvent.

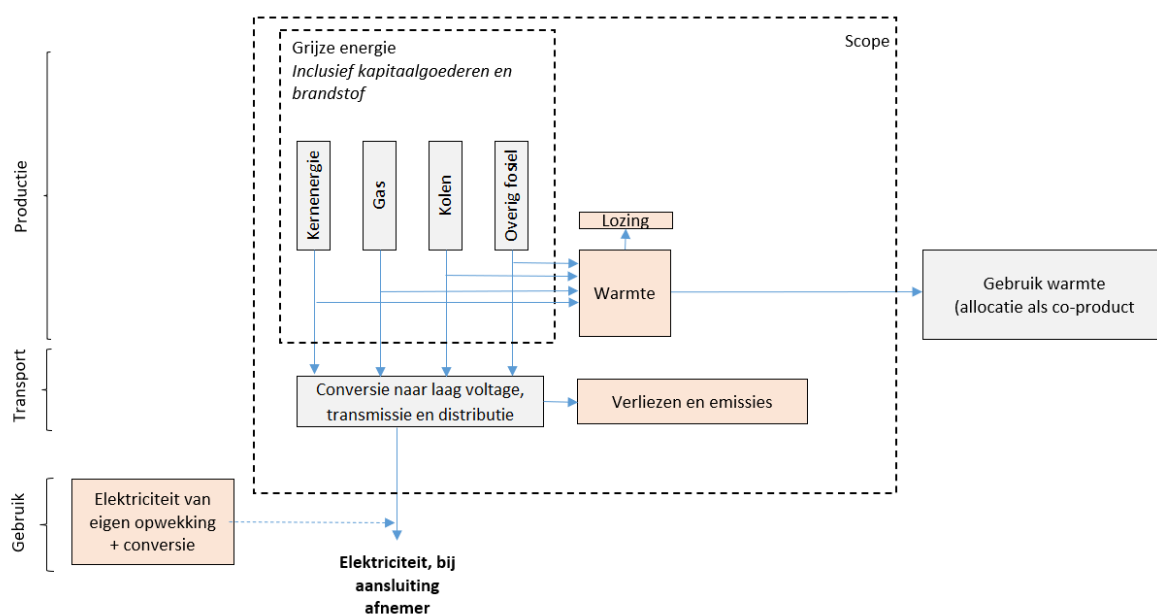
<sup>15</sup> <https://www.rvo.nl/files/file/2022-05/Vaststelling%20van%20de%20standaard%20CO2-emissiefactor%20aardgas%20t.b.v.%20nationale%20monitoring%202022%20en%20emissiehandel%202022.pdf>



## 3.4 Elektriciteit, Grijs

### 3.4.1 Systeemgrenzen

*Systeemgrenzen grijs:* voor de grijze elektriciteitsmix is de opwekking van de elektriciteit meegenomen inclusief de kapitaalgoederen en brandstof en het transport. De opwekking van de elektriciteit gebeurt gedeeltelijk in een installatie met een warmtekrachtkoppeling (WKK). In dat geval wordt de milieupact van de warmte gealloceerd aan de warmte. Elektriciteit van eigen opwekking valt buiten de systeemgrenzen.



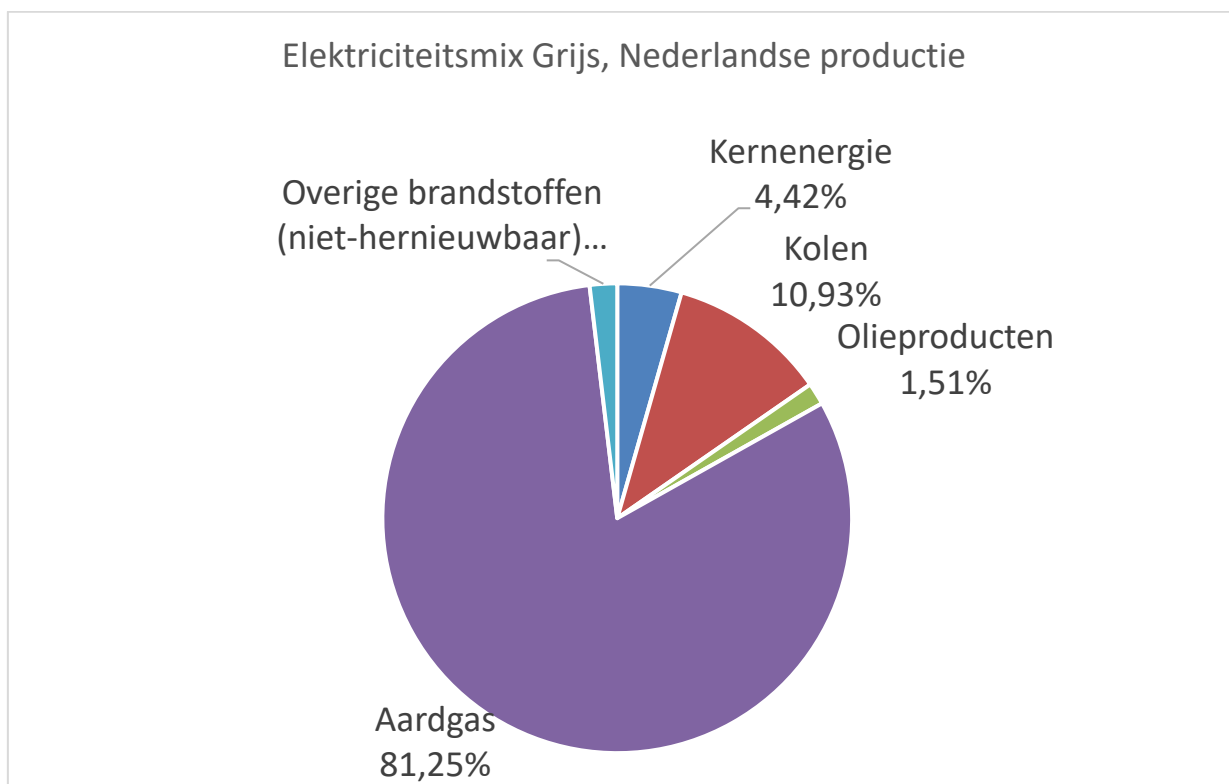
**Figuur 3.2**

Systeemgrenzen elektriciteit grijs

### 3.4.2 Levenscyclusinventarisatie (LCI)

Deze sectie geeft de opbouw van het model voor de elektriciteitsmix grijs weer met de keuzes die hierbij gemaakt zijn. De volledige LCI (Levenscyclusinventarisatie) staat in bijlage I LCI tabellen.

De grijze elektriciteitsmix bestaat uit energie uit aardgas, kolen, kernenergie en overige niet-hernieuwbare brandstoffen. De verdeling in de grijze elektriciteitsmix is te zien in figuur 3.3.



**Figuur 3.3**

Elektriciteitsmix Grijs, Nederlandse productie

*Aardgas*: Opwekking van energie met behulp van aardgas kan gebeuren in een conventionele installatie of in een STEG installatie (Stoom en Gascentrale, 'combined cycle'). Zowel de conventionele installatie als de STEG installatie kunnen zijn uitgevoerd als een WKK (warmte-krachtkoppeling, of cogeneratie) systeem. Het type installatie beïnvloedt de milieupact van elektriciteitsopwekking, omdat een deel van de milieupacts wordt toegewezen aan warmteopwekking (allocatie op basis van exergie). Dit kan een negatief effect (hogere milieulast) hebben, omdat WKK de hoogte van de elektriciteitsopwekking verlaagt. De totale efficiëntie van een centrale gaat omhoog, omdat de energie-inhoud van de brandstof beter wordt benut. Tabel 3.5. geeft de milieupact in MKI (volgens set 1, EN15804+A1) weer voor de verschillende typen aardgasinstallaties op basis van Ecoinvent 3.6 achtergrondprocessen.

**Tabel 3.5**

Milieu-impact in MKI

Type	Ecoinvent proces	MKI per KWh
<b>Conventioneel, zonder WKK</b>	Electricity, high voltage {NL}  electricity production, natural gas, conventional power plant   Cut-off, U	€ 0,038
<b>Conventioneel, met WKK</b>	Electricity, high voltage {NL}  heat and power co-generation, natural gas, conventional power plant, 100MW electrical   Cut-off, U	€ 0,031
<b>STEG, zonder WKK</b>	Electricity, high voltage {NL}  electricity production, natural gas, combined cycle power plant   Cut-off, U	€ 0,022
<b>STEG, met WKK</b>	Electricity, high voltage {NL}  heat and power co-generation, natural gas, combined cycle power plant, 400MW electrical   Cut-off, U	€ 0,023

In de data van CBS, elektriciteitsbalans; aanbod en verbruik, netto productie<sup>16</sup> staan de energiedragers genoemd, maar niet het type centrale dat wordt gebruikt voor de opwekking. CBS data op 'Elektriciteit; productie en productiemiddelen'<sup>17</sup> specificeert de bruto elektriciteitsproductie per type installatie (WKK, niet-WKK, STEG). Hierbij wordt onderscheid gemaakt in het type energiedrager dat wordt gebruikt voor de opwekking. Met behulp van deze tabel kunnen we de netto gasproductie verdelen over de verschillende opwekkingsmethoden. De meest recente data voor de productiemiddelen is over 2019. De productiemiddelen verdeling voor gas is te zien in tabel 3.6.

**Tabel 3.6**

Verdeling productiemiddelen gas

	Zonder WKK (conventioneel)	Met WKK (co-generatie)
<b>Gas conventioneel</b>	0,5%	26,8%
<b>Gas STEG (combined cycle)</b>	41,4%	31,2%

*Energie uit kolen:* Ongeveer 11% van de grijze stroommix kwam in 2020 uit kolen. Een deel van de energie uit kolen wordt op een conventionele wijze opgewekt en een deel in een WKK systeem. Het type installatie beïnvloedt de milieu-impact van energie uit kolen. Tabel 3.7. geeft de milieu-impact in MKI (volgens set 1, EN15804+A1) weer voor de verschillende typen installaties, op basis van Ecoinvent 3.6 achtergrondprocessen.

**Tabel 3.7**

Milieu-impact energie uit kolen

Type	Ecoinvent proces	MKI per KWh
<b>Elektriciteit uit kolen zonder WKK</b>	Electricity, high voltage {NL}  electricity production, hard coal   Cut-off, U	€ 0,073
<b>Elektriciteit uit kolen met WKK</b>	Electricity, high voltage {NL}  heat and power co-generation, hard coal   Cut-off, U	€ 0,070

<sup>16</sup>Elektriciteitsbalans; aanbod en verbruik (cbs.nl), Data over 2020, geraadpleegd op 17-11-2021, <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/84575NED/table?dl=525A1>

<sup>17</sup>Elektriciteit; productie en productiemiddelen (cbs.nl), Data over 2019, geraadpleegd op 17-11-2021, <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/37823wkk/table?dl=5A87E>

De CBS-data 'Elektriciteit; productie en productiemiddelen' laat zien dat steenkool wordt ingezet in stoomturbines. 71,8% van de steenkool wordt binnen Nederland verwerkt in conventionele installaties (zonder WKK). 28,2% van de kolen worden verwerkt in installaties met een WKK.

**Tabel 3.8**

Verdeling energieopwekking verschillende installaties - kolen

	Zonder WKK (conventioneel)	Met WKK (co-generation)
<b>Kolen</b>	71,8%	28,2%

*Kernenergie:* De kerncentrale Borssele is de enige kerncentrale in Nederland die in bedrijf is. Dit is een drukwaterreactor met een elektrisch vermogen van 485 megawatt.<sup>18</sup>

Kernenergie wordt gemodelleerd naar het Ecoinvent 3.6 proces: 'Electricity, high voltage {NL}| electricity production, nuclear, pressure water reactor | Cut-off, U'.

*Energie uit olieproducten:* 1,51% van de grijze elektriciteitsmix komt van energie uit olieproducten. De CBS-data 'Elektriciteit; productie en productiemiddelen' laat zien dat stookolie wordt ingezet in stoomturbines, gasmotoren en Steg-eenheden. De verdeling WKK, niet-WKK en STEG is te zien in tabel 3.9.

**Tabel 3.9**

Verdeling energieopwekking verschillende installaties - olie

	Zonder WKK (conventioneel)	Met WKK (co-generatie)
<b>Elektriciteit uit olie conventioneel</b>	56,5%	43%
<b>Elektriciteit uit olie STEG (combined cycle)</b>	0%	0,5%

In Ecoinvent 3.6 is er geen opsplitsing voor elektriciteit uit olie voor verschillende opwekkingsmethoden. Alle elektriciteitsproductie uit olie is gemodelleerd met 'Electricity, high voltage {NL}| electricity production, oil | Cut-off, U'.

*Overige brandstoffen (niet-hernieuwbaar):* Hier is geen herkomstdata van beschikbaar. De overige brandstoffen niet-hernieuwbaar hebben we conservatief gemodelleerd als kolenenergie (Electricity, high voltage {NL}| electricity production, hard coal | Cut-off, U). De impact van deze keuze blijft beperkt gezien slechts 1,89% van de grijze mix bestaat uit 'overige brandstoffen'.

*Materialisatie kapitaalgoederen (materialisatie externe levering):* Binnen de elektriciteitsmixen grijs en hernieuwbaar is de materialisatie van de kapitaalgoederen los geanalyseerd. Hiervoor is de Ecoinvent elektriciteitsproductieprocessen als basis genomen. Binnen de Ecoinvent processen zijn brandstoffen en emissies weggelaten en alleen de fabrieken of opwekkingsmiddelen (kapitaalgoederen) zijn meegenomen.

<sup>18</sup><https://www.pzem.nl/trading/assets/kerncentrale-epz>

*Eindelevensscenario:* Conform de Bepalingsmethode moet het eindelevensscenario meegenomen worden van kapitaalgoederen (materialisatie externe levering). De kapitaalgoederen in de Ecoinvent achtergrondprocessen zijn vaak grote kaarten die weer verwijzen naar andere kaarten. Voor het eindelevensscenario (en module D) kijken we alleen naar de grootste stromen op massa en MKI.

In A1-A3 is de energiecentrale 'Gas power plant, combined cycle, 400MW electrical {RER}| construction | Cut-off, U' als referentie productiemiddel toegepast. Er is een gebruik van  $1,39E-11$  deel van de centrale per kWh. De op massa en MKI dominante materialen worden meegenomen. Dit zijn beton, staal en chromium staal. Voor deze materialen is het forfaitaire afvalverwerkingsscenario meegenomen. De sloop van de netwerken wordt buiten beschouwing gelaten.

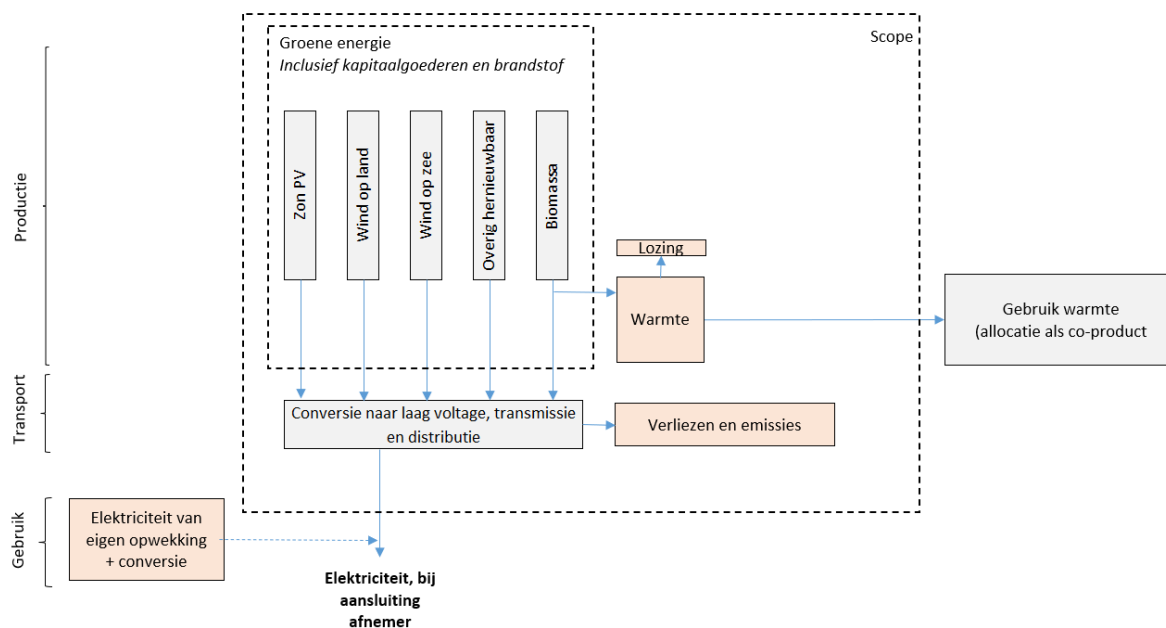
### **3.5 Elektriciteit, Nederlandse hernieuwbare mix**

#### **3.5.1 Systeemgrenzen Nederlandse hernieuwbare mix**

Voor de hernieuwbare elektriciteitsmix nemen we de opwekking van de elektriciteit mee inclusief de kapitaalgoederen, de brandstof en het transport. De opwekking van de elektriciteit uit biomassa gebeurt in een installatie met een warmtekrachtkoppeling (WKK). Een deel van de milieu-impact uit de biomassa wordt gealloceerd aan de warmte. Elektriciteit van eigen opwekking valt buiten de systeemgrenzen.

#### **GVO's**

Handel, import en eventuele export van Garanties van Oorsprong (GvO's) zijn buiten beschouwing gelaten bij de productkaart voor hernieuwbare elektriciteit. Er wordt alleen gekeken naar wat er daadwerkelijk in Nederland wordt geproduceerd. Op dit moment worden er ook geen Nederlandse GvO's aan het buitenland verkocht (er is vrijwel geen vraag vanuit andere landen). Dit vormt dus geen obstakel om de volledige hernieuwbare Nederlandse elektriciteitsopwekking aan Nederland toe te wijzen. Import van buitenlandse GvO's is nog steeds substantieel, maar heeft geen invloed op het milieuprofiel van de fysieke levering.



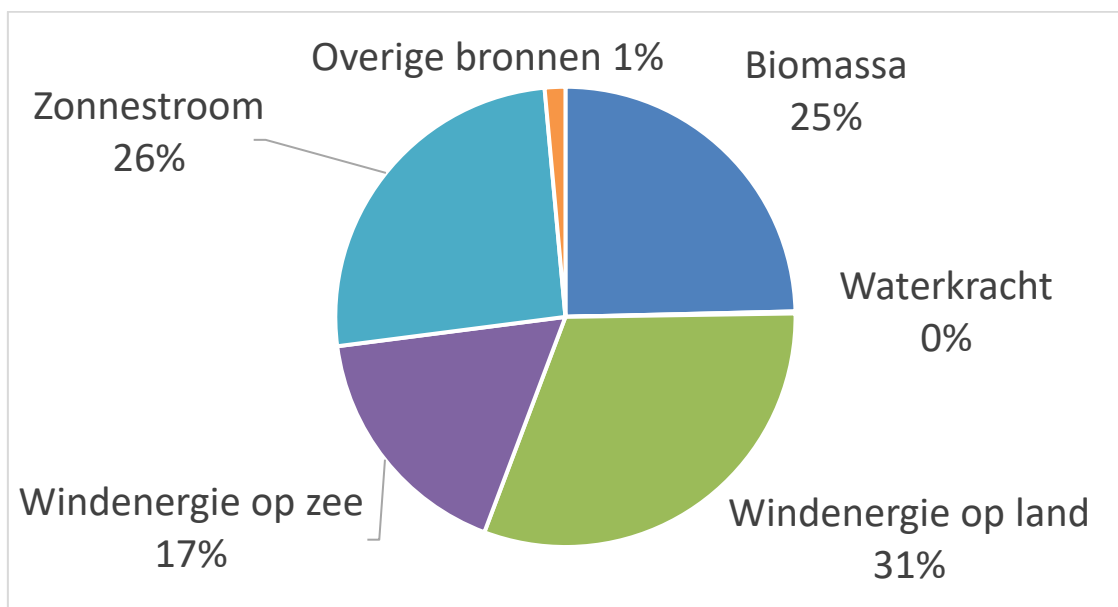
**Figuur 3.4**

Systeemgrenzen elektriciteit hernieuwbaar

### 3.5.2 Levenscyclusinventarisatie (LCI), A1-A3

Deze sectie geeft de opbouw van het model voor de elektriciteitsmix hernieuwbaar weer met de keuzes die hierbij gemaakt zijn. De volledige LCI (Levenscyclusinventarisatie) staat in bijlage I (LCI tabellen). De volgende secties beschouwen de model opbouw voor hernieuwbare elektriciteit voor elektriciteit uit biomassa, van windturbines op land, van windturbines op zee en voor elektriciteit uit PV.

*Overige bronnen hernieuwbare energie:* 1% van de hernieuwbare energie valt onder 'overige bronnen'. Deze categorie wordt door CBS niet opgesplitst of toegelicht. Daarom is dit proces conservatief gemodelleerd als 'Electricity, high voltage {NL} heat and power co-generation, biogas, gas engine | Cut-off, U'. Dit proces heeft een relatief hoge MKI met € 0,036 per kWh.



**Figuur 3.5**  
Nederlandse productiemix hernieuwbaar

### 3.5.3 Transmissie- en distributienetwerk en kapitaalgoederen (A4)

Er wordt verondersteld dat de verschillende vormen van centraal opgewekte hernieuwbare elektriciteit hetzelfde transmissie- en distributienetwerk gebruiken als grijze elektriciteit, met dezelfde conversie- en distributieverliezen. Zie hiervoor hoofdstuk 3.5 'Transmissie en distributienetwerk (A4)'.

## 3.6 Elektriciteit hernieuwbaar, uit biomassa

De verschillende elektriciteitsproductievormen met biomassa zijn gekwantificeerd door CBS. Wij beschouwen de data over 2019, dit is de meest recente definitieve data<sup>19</sup>. Elektriciteit uit biomassa is op te splitsen in elektriciteit van bij- en meestook van biomassa in centrales, biomassaketels bij bedrijven, elektriciteit uit biogas en elektriciteit uit biomassaverbranding in afvalverbrandingsinstallaties. Het biogas is onder te verdelen in biogas uit stortplaatsen, biogas van rioolwaterzuiveringsinstallaties, biogas van de (co-)vergisting van mest en overig biogas. In tabel 3.10 staat de verdeling van biomassa weergegeven met daarbij de milieu-impact van de betreffende productiebron. In deze analyse veronderstellen wij dat de elektriciteit uit biomassa voldoet aan de vereisten zoals gesteld in de Renewable Energy Directive 2018<sup>20</sup>. De RED II zet onder andere limieten op de toepassing van biobrandstoffen en biomassa die een hoog risico hebben om bij te dragen aan 'indirect land use change (ILUC)'.

<sup>19</sup> <https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/84917NED/table>

<sup>20</sup> Renewable Energy – Recast to 2030 (RED II) (europa.eu), [https://joint-research-centre.ec.europa.eu/welcome-jec-website/reference-regulatory-framework/renewable-energy-recast-2030-red-ii\\_en](https://joint-research-centre.ec.europa.eu/welcome-jec-website/reference-regulatory-framework/renewable-energy-recast-2030-red-ii_en)



**Tabel 3.10**

Elektriciteit uit biomassa, onderverdeling

Onderverdeling biomassa	Aandeel NL Mix biomassa	MKI / kWh	Ecoinvent model	Model specificatie naar type brandstof
Afvalverbrandingsinstallaties	34,6%	€ 0,000	Electricity, medium voltage {NL}  electricity, from municipal waste incineration to generic market for	Cut-off, U
Bij- en meestoken biomassa in centrales	31%	€ 0,024	Electricity, high voltage {NL}  heat and power co-generation, wood chips, 6667 kW, state-of-the-art 2014	Cut-off, U
Biomassaketels bedrijven, WKK	16,2%	€ 0,024	Electricity, high voltage {NL}  heat and power co-generation, wood chips, 6667 kW, state-of-the-art 2014	Cut-off, U
Biogas uit stortplaatsen	0,5%	€ 0,003	Electricity, high voltage {NL}  heat and power co-generation, biogas, gas engine	Biogas {RoW}  treatment of biowaste by anaerobic digestion   Cut-off, U
Biogas rioolwaterzuiveringsinstallaties	3,4%	€ 0,003	Electricity, high voltage {NL}  heat and power co-generation, biogas, gas engine	Biogas {RoW}  treatment of sewage sludge by anaerobic digestion   Cut-off, U
Biogas, co-vergisting van mest	9,0%	€ 0,103	Electricity, high voltage {NL}  heat and power co-generation, biogas, gas engine	Biogas {RoW}  anaerobic digestion of manure   Cut-off, U
Overig biogas	5,3%	€ 0,036	Electricity, high voltage {NL}  heat and power co-generation, biogas, gas engine	Cut-off, U
<b>NL mix (gewogen gemiddelde)</b>		€ 0,023		

### Einde levensscenario en module D, elektriciteit uit biomassa

#### Einde levensscenario biomassa

De MKI van elektriciteit uit biomassa bestaat voor **3,8%** uit de toepassing van kapitaalgoederen. Conform de Bepalingsmethode moet het eindelevensscenario meegenomen worden van kapitaalgoederen (materialisatie externe levering). Voor het eindelevensscenario (en module D) van elektriciteit uit biomassa worden de materiaalstromen beschouwt die meer dan 3% bijdragen aan de MKI. De op MKI dominante materialen binnen de kapitaalgoederen zijn: staal, chromium staal, koper platinum en iron nickel. Voor deze materialen worden forfaitaire afvalverwerkingsscenario's aangehouden (tabel 3.11). De weergegeven materialisatie is van toepassing op de Nederlandse biomassa mix met daarin de verschillende vormen van biomassa.

**Tabel 3.11**

Materialisatie kapitaalgoederen biomassa (Nederlandse mix) per kWh elektriciteitslevering

Materialisatie kapitaalgoederen. Cut-off 3% bijdrage aan MKI	per kWh elektriciteit uit biomassa, NL mix (kg)	Bijdrage aan MKI kapitaalgoederen	sec. content (gebaseerd op NM cat 3 processen)
Koper {GLO}	1,35E-06	4,40%	74%
Steel, chromium steel 18/8 {GLO}  market for	3,87E-05	32,40%	28%
Steel, low-alloyed {GLO}	0,000515	38,70%	43%
Platinum {GLO}	1,49E-09	5,39%	0%
Reinforcing steel {GLO}	8,68E-05	4,35%	82,20%
Iron nickel {GLO}	2,06E-06	3,27%	0%
<b>Totaal</b>	<b>6,44E-04</b>	<b>88,51%</b>	

#### Substitutie

Voor de module D substitutieprocessen worden de categorie 3 module D processen uit de nationale milieudatabase toegepast (tabel 3.12).

**Tabel 3.12**

Substitutieprocessen per kWh

Materialisatie kapitaalgoederen. Cut-off 3% bijdrage aan MKI	Einde levensscenario (forfaitaire waarden, versie mei 2022)	Stort	AVI	Recycling EOL	Hergebruik	Mod D, net. Materialen voor recycling (kg) / kWh	Module D substitutieproces
Koper {GLO}	41 koper	5%	0%	95%	0%	2,84E-07	0277-reD&Module D, koper, per kg NETTO geleverd schroot (vermeden: Copper {RER}) production, primary   Cut-off, U)
Steel, chromium steel 18/8 {GLO}  market for	75 staal, zink / verzinkt staal	5%	0%	95%	0%	2,59E-05	0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd ongelegeerd schroot (World Steel methode obv Steel, low-alloyed {RER&RoW})  steel production, electric, low-alloyed   Cut-off, U - Steel, unalloyed {RER&RoW})  steel production, converter, unalloyed   Cut-off, U)
Steel, low-alloyed {GLO}	75 staal, zink / verzinkt staal	5%	0%	95%	0%	2,68E-04	
Platinum {GLO}	49 metalen, gemengd	5%	5%	90%	0%	1,34E-09	
Reinforcing steel {GLO}	75 staal, zink / verzinkt staal	5%	0%	95%	0%	1,11E-05	
Iron nickel {GLO}	49 metalen, gemengd	5%	5%	90%	0%	1,85E-06	

Het meenemen van de module D recycling baten voor de kapitaalgoederen van elektriciteit uit biomassa zorgt voor een MKI reductie van 6% voor de kapitaalgoederen. Echter is de MKI uit biomassa slechts voor 3,8% afkomstig van de kapitaalgoederen en zorgt module D daardoor voor een MKI reductie van 0,23% over de totale MKI van elektriciteit uit biomassa. De toegepaste Ecoinvent achtergrondprocessen bevatten afvalverwerking van de kapitaalgoederen. Er zijn in de afvalverwerkingsfase (C1-C4) geen aanpassingen gemaakt op de Ecoinvent profielen naar de forfaitaire afvalverwerkingsscenario's zoals gesteld in de Bepalingsmethode. Achterliggend aan de Nederlandse biomassa-mix zit een groot aantal productkaarten. Aanpassing naar specifieke afvalverwerkingsscenario's maakt het beheer complex bij updates van Ecoinvent achtergronddata, terwijl specifieke afvalverwerking een minimaal effect heeft op het milieuprofiel.

### 3.7 Elektriciteit hernieuwbaar, van windturbines op zee

31% van de Nederlandse hernieuwbare elektriciteitsmix komt van wind op land en 17% van wind op zee. Er zijn verschillende type windturbines in omloop en Ecoinvent 3.6 heeft processen voor turbines op het land van kleiner dan 1 MW, van tussen de 1-3 MW en van boven de 3 MW. Voor wind op zee is er alleen een proces voor turbines van 1-3 MW. De verschillen in MKI per kWh elektriciteitsproductie zijn te zien in tabel 3.13.

**Tabel 3.13**

Vergelijking windenergie op land

Windturbines, windenergie	MKI per kWh
Electricity, high voltage {NL}  electricity production, wind, <1MW turbine, onshore   Cut-off, U	€ 0,0062
Electricity, high voltage {NL}  electricity production, wind, 1-3MW turbine, onshore   Cut-off, U	€ 0,0044
Electricity, high voltage {NL}  electricity production, wind, >3MW turbine, onshore   Cut-off, U	€ 0,0077
Electricity, high voltage {NL}  electricity production, wind, 1-3MW turbine, offshore   Cut-off, U	€ 0,0064

Ecoinvent bevat milieuresultaten voor offshore windturbines van 1-3 MW ('Electricity, high voltage {NL}| electricity production, wind, 1-3MW turbine, offshore | Cut-off, U'). Nederlandse wind-op-zee turbines hebben echter een gemiddeld vermogen van 5,3 MW. In tabel 3.14 staat een overzicht van het huidige opgestelde vermogen van Nederlandse wind-op-zee turbines.

**Tabel 3.14**

Wind-op-zee, opgesteld vermogen Nederland. Data van Windstats, geraadpleegd op 6 september 2022, via: <https://windstats.nl/kaart/offshore/offshore-zee/>

Windpark	Huidige aantal windturbines	Huidig opgesteld vermogen (MW)	Vermogen per windturbine (MW)	Aandeel opgesteld vermogen	Merk turbine	Type turbine ( <a href="https://www.rvo.nl/subsidies-financiering/windenergie-op-zee/actieve-windparken">https://www.rvo.nl/subsidies-financiering/windenergie-op-zee/actieve-windparken</a> )
<a href="#">Borssele I</a>	47	376	8	15%	Siemens Gamesa	Siemens Gamesa 8,0 MW-167 DD
<a href="#">Borssele II</a>	47	376	8	15%	Siemens Gamesa	Siemens Gamesa 8,0 MW-167 DD
<a href="#">Borssele III</a>	37	351,5	9,5	14%	Vestas	V164-9.5MW
<a href="#">Borssele IV</a>	40	380	9,5	15%	Vestas	V164-9.5MW
<a href="#">Borssele V</a>	2	19	9,5	1%	Vestas	V164-9.5MW
<a href="#">Egmond aan Zee</a>	36	108	3	4%	Vestas	V90
<a href="#">Gemini</a>	150	600	4	24%	Siemens	Siemens SWT-4.0 -130
<a href="#">Luchterduinen</a>	43	129	3	5%	Vestas	V112
<a href="#">Prinses Amalia</a>	60	120	2	5%	Vestas	V80
<b>Totaal</b>	462	2459,5	5,3			

### EPD's, wind-op-zee

Van de toegepaste wind-op-zee windparken en windturbines is geen toereikende EPD data beschikbaar om de specifieke situatie te modeleren. Van de Siemens SWT-4.0 -130 en de Siemens Gamesa 8,0 MW-167 DD is een EPD samenvatting beschikbaar met de CO<sub>2</sub> emissiewaarden per kWh. Dit is niet voldoende om een compleet milieuprofiel op te stellen. Siemens kan de overige indicatoren niet aanleveren.

### Materialisatie, wind-op-zee

Er zijn geen complete materialisatieoverzichten beschikbaar voor grote wind-op-zee turbines en aansluitingen. De beschikbare data is niet volledig genoeg om een wind-op-zee turbine te modelleren. In deze analyse worden er geen aanpassingen gedaan aan de materialisatie per opgesteld vermogen.

### Capaciteitsfactor, wind-op-zee

De capaciteitsfactor is de mate van productiviteit van de elektriciteitsopwekking (deze parameter kan ook worden uitgedrukt in vollasturen). In het Ecoinventproces 'Electricity, high voltage {NL}| electricity production, wind, 1-3MW turbine, offshore | Cut-off, U' wordt uitgegaan van een capaciteitsfactor van 30%.

Het huidige opgestelde vermogen van wind-op-zee in Nederland is 2.460 MW. In 2021 was er een geschatte totale jaarproductie van 10,691 GWh<sup>21</sup>. Dit betekent dat er per opgestelde MW een productie is van **4.346 MWh per jaar** (10691<sup>E3</sup> / 2460).

<sup>21</sup>Windstats (2022), geraadpleegd op 18 oktober 2022, via: <https://windstats.nl/statistieken/>

Dit komt neer op een capaciteitsfactor van **49,6%**<sup>22</sup>. Grotere turbines hebben een hogere capaciteitsfactor, dit verklaart de toename ten opzichte van de in Ecoinvent toegepaste factor.

### Levensduur

De meeste geïnstalleerde windturbines zijn ontworpen om minstens 20 jaar mee te gaan. Het Ecoinvent proces 'Electricity, high voltage {NL}| electricity production, wind, 1-3MW turbine, offshore | Cut-off, U' gaat ook uit van een levensduur van 20 jaar voor de windturbines. In de windparken Borssele I en Borssele II staan turbines van 8 MW die 25 jaar meegaan volgens de EPD voor de SG 8.0-167 DD<sup>23</sup>. Deze type turbine omslaat 30% van het opgestelde vermogen voor Nederlandse wind-op-zee turbines. Gemiddeld hebben Nederlandse wind-op-zee turbines een levensduur van 21,5 jaar (tabel 3.15).

**Tabel 3.15**

Elektriciteitsproductie over levensduur per MWh opgesteld vermogen

Aandeel wind-op-zee turbines in Nederland	Verwachte levensduur (jaar)	Verwachte elektriciteitsproductie over levensduur per MW opgesteld vermogen
69,4%	20	86.919 MWh
30,6%	25	108.648 MWh
<b>Gemiddeld</b>	<b>21,5</b>	<b>93.563 MWh</b>

### Efficiëntiecorrectie wind-op-zee Nederland

Zoals bovenstaande analyses laten zien biedt het Ecoinvent model 'Electricity, high voltage {NL}| electricity production, wind, 1-3MW turbine, offshore | Cut-off, U' voor elektriciteit uit wind-op-zee een onderschatting in de capaciteitsfactor en een onderschatting in de gemiddelde verwachte levensduur. Aan de hand van deze aspecten wordt een efficiëntie correctie gedaan op het Ecoinvent model. Ecoinvent gaat uit van een toepassing van  $9,6^{E-09}$  stuk wind power plant per kWh. Dit wordt gecorrigeerd naar  $5,34^{E-09}$  stuk 2MW wind power plant per kWh<sup>24</sup>. Als gevolg hiervan verlaagt de MKI van wind-op-zee per kWh levering met 44% (high voltage).

#### 3.7.1 Einde levensscenario elektriciteit van elektriciteit van windturbines op zee

Het Ecoinvent profiel voor wind op zee gaat voor de einde levensfase uit van het scenario dat de betonnen fundatie achterblijft in de zee. Voor de andere onderdelen is het afvalverwerkingstransport (C2) meegenomen in het Ecoinvent-profiel. Er zijn geen specifieke transportprocessen toegepast voor de transport naar land.

#### Correctie op het eindelevensscenario elektriciteit van windturbines op zee

De Ecoinvent modellen 'Wind power plant, 2MW, offshore, fixed parts {GLO}| construction | Cut-off, U' en 'Wind power plant, 2MW, offshore, moving parts {GLO}| construction | Cut-off, U' zijn onderliggend aan 'Electricity, high voltage {NL}| electricity production, wind, 1-3MW turbine, offshore | Cut-off, U.

<sup>22</sup>Bij 100% toegepaste capaciteit is er per MW opgesteld vermogen een productie van:  $1 * 24 * 365,25 = 8.766$  MWh per jaar. In werkelijkheid is er een productie van 4.346 MWh. De capaciteitsfactor is:  $4.346 / 8.766 = 49,6\%$ .

<sup>23</sup> Siemens Gamesa (2022), SG 8.0-167 DD, Offshore wind turbine, geraadpleegd op 11 oktober 2022, via: <https://www.siemensgamesa.com/products-and-services/offshore/wind-turbine-sg-8-0-167-dd>

<sup>24</sup> berekent als:

$1 / (\text{Opwekking per jaar per opgestelde MW} * \text{toegepast vermogen per turbine} * \text{levensduur})$ , oftewel:  
 $1 / (4346E3 * 2MW * 21,5)$

In de onderliggende Ecoinvent processen zijn de afvalverwerkingsprocessen verwijderd om vervangen te worden door specifieke processen, in lijn met de forfaitaire scenario's uit de Bepalingsmethode en aannames.

### C1

De toegepaste Ecoinvent modellen geven het dieselverbruik en het elektriciteitsverbruik weer voor de assemblage van de windturbine (A5). Als aanname wordt gesteld dat de sloopprocessen hetzelfde zijn.

### C2

Het Ecoinvent model veronderstelt dat van de vaste onderdelen van een wind-op-zee turbine alleen de toren wordt gerecycled (staal). De overige onderdelen zoals het betonnen fundament en bekabeling blijven in de zee achter. Van de bewegende onderdelen (de nacelle, rotor en netwerkverbindingen) blijft er geen materiaal in de zee achter. Tabellen 3.16 en 3.17 geven de materialisatie weer van de wind-op-zee turbines zoals gemodelleerd door Ecoinvent met een aangepast einde levensscenario.

In lijn met Ecoinvent wordt conservatief aangenomen dat alleen het staal wordt verwerkt bij de vaste onderdelen. De andere onderdelen blijven in de zee achter. Bij de bewegende onderdelen wordt verondersteld dat de polymeren voor 100% worden verwerkt in afvalverbrandingsinstallaties. De polymeren zijn veelal composieten van de turbinebladen die nog niet conventioneel gerecycled worden.

**Tabel 3.16**

Materialisatie wind-op-zee windturbine, fixed parts (op basis van het Ecoinvent proces 'Wind power plant, 2MW, offshore, fixed parts (GLO)| construction | Cut-off, U')

Materialisatie	massa (kg)	Aandeel secundair	Einde levensscenario (forfaitaire waarden, versie mei 2022), modelkeuze	Laten zitten	Stort	AVI	Recycling EOL	Mod D, net. Mat. voor recycling
<b>Beton en grind</b>	2.392.800	0%	100% laten zitten, conservatief	100%	0%	0%	0%	0,00E+00
<b>Koper</b>	3.900	0%	100% laten zitten, conservatief	100%	0%	0%	0%	0,00E+00
<b>Staal (RVS/low alloyed)</b>	202.000	28%	75. staal, zink / verzinkt staal	0%	5%	0%	95%	1,35E+05
<b>Kunststoffen</b>	4.047	0%	100% laten zitten, conservatief	100%	0%	0%	0%	0,00E+00
<b>Forfaitaire transportafstand (km)</b>				0km	100	150	50	
<b>Totale transportafstand afvalverwerking vrachtwagen (C2)</b>				10.605 tkm				
<b>Totale transportafstand afvalverwerking zeevaart (C2)</b>				10.100 tkm				



**Tabel 3.17**

Materialisatie wind-op-zee turbine, moving parts. Op basis van het Ecoinvent proces 'Wind power plant, 2MW, offshore, moving parts {GLO}| construction | Cut-off, U'

Materialisatie	massa (kg)	Aandeel secundair	Einde levensscenario (forfaitaire waarden, versie mei 2022), modelkeuze	Laten zitten	Stort	AVI	Recycling EOL	Mod D, net. Mat. voor recycling
<b>Staal (RVS/low alloyed)</b>	67.500	28%	staal, zink / verzinkt staal	0%	5%	0%	95%	4,52E+04
<b>Koper</b>	1.590	0%	koper	0%	5%	0%	95%	1,51E+03
<b>Gietijzer</b>	26.400	39%	staal, zink / verzinkt staal	0%	5%	0%	95%	1,49E+04
<b>Kunststoffen, turbinebladen</b>	41.133	0%	kunststoffen, vezelversterkt	0%	0%	100%	0%	8,25E+05MJ
<b>Aluminium</b>	845	74%	aluminium, uit GWW	0%	0%	3%	97%	1,94E+02
<b>Oliën</b>	1.150	0%	100% AVI	0%	0%	100%	0%	5,26E+04
<b>Forfaitaire transportafstand (km)</b>				0	100	150	50	
<b>Totale transportafstand afvalverwerking (C2)</b>				11.400 tkm				
<b>Totale transportafstand afvalverwerking zeevaart (C2)</b>				6.931 tkm				

De transportafstanden voor de afvalverwerking zijn in lijn met de forfaitaire waarden uit de bepalingsmethode 50 km voor recycling en hergebruik, 100 km voor stort en 150 km voor AVI. Bij 'laten zitten' vind er geen transport plaats. Dit transport is gemodelleerd als '0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}| market group for transport, freight, lorry, unspecified | Cut-off, U)'. Naast de forfaitaire transportafstanden wordt 50 km zeevaart transport toegevoegd voor het transport van het windpark naar land, gemodelleerd als '0103-tra&Transport, vrachtschip, binnenvaart (o.b.v. Transport, freight, inland waterways, barge {GLO}| market group for transport, freight, inland waterways, barge | Cut-off, U)'. In werkelijkheid is er sprake van zee-transport. Vanwege de kleine transportafstand en transport complexiteit van de windturbines wordt het model voor 'vrachtschip, binnenvaart' als meer representatief geacht.

### C3 Afvalbewerking

Om de einde-afval status te bereiken moeten de materialen worden bewerkt. De afvalbewerking voor de metalen is gemodelleerd met NMD-proces '0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed {RER}| sorting and pressing of iron scrap | Cut-off, U)'.  
 Het verbranden van de oliën en de turbinebladen voor de bewegende onderdelen zijn respectievelijk gemodelleerd met '0457-avC&Verbranden minerale olie (45,7 MJ/kg) (o.b.v. Waste mineral oil {Europe without Switzerland}| treatment of waste mineral oil, hazardous waste incineration | Cut-off, U)' en '0264-avC&Verbranden kunststoffen (28,67 MJ/kg) (o.b.v. o.b.v. mix 21% PE, 21% PP, 20% PVC, 17% PS en 21% mixture)' <sup>25</sup>.

### C4 Finale afvalverwerking


In deze fase zijn de emissies en processen meegenomen voor de stort of het laten zitten van materialen. De stortprocessen voor metalen zijn gemodelleerd als '0248-sto&Stort koper, lood, verzinkt staal, zink (o.b.v. Scrap tin sheet {CH}| treatment of, sanitary landfill | Cut-off, U)'.  
<sup>25</sup> Verbrandingswaarde 28,67 MJ per kg op basis van '0264-avC&Verbranden kunststoffen (28,67 MJ/kg) (o.b.v. o.b.v. mix 21% PE, 21% PP, 20% PVC, 17% PS en 21% mixture)'. Uitgaande van 70% kunststof, 30% glasvezel.

### Module D, wind-op-zee

In module D zijn de baten opgenomen van de substitutieprocessen door recycling. De module D baten zorgen voor een 5% MKI-reductie. Dit komt vooral door de recycling van staal. De windturbines bestaan voor een groot deel uit RVS (chromiumstaal) met een MKI van € 7,08 per kg materiaal. Het module D substitutieproces van het RVS '0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd ongelegeerd schroot (World Steel methode obv Steel, low-alloyed {RER&RoW}) steel production, electric, low-alloyed | Cut-off, U - Steel, unalloyed {RER&RoW}) steel production, converter, unalloyed | Cut-off, U)' zorgt voor milieubaten (MKI) van € 0,17 per kg netto recycling. De MKI van RVS komt voornamelijk voort uit de toepassing van chroom. In de praktijk zal het chroom ook (gedeeltelijk) gerecycled worden. Daardoor is het toegepaste substitutieprofiel (zonder chroom) een conservatieve benadering.

### 3.7.2 Substations (OHVS, offshore high voltage station)

Het Ecoinvent proces voor elektriciteit uit offshore wind bevat geen substations. In deze studie worden deze toegevoegd aan het Ecoinvent profiel. De materialisatie van een substation is gegeven door TNO (2019), figuur 3.6 <sup>26</sup>.



**OHVS**

- 2 x 350 MW
- Topside 3700t, Jacket inc. cables 2900t, piles 1400t
- 79% Steel, 7% cast iron, 6% aluminium, copper, lubr. oil

**Figuur 3.6**

Materialisatie substation (OHVS)

Voor het transport naar de locatie wordt een transportafstand verondersteld van 150 km voor vrachtwagens en 50 km voor binnenvaart. De installatie en demontagefase zijn gemodelleerd op basis van het NMD profiel '0475-pro&MGO, pre Tier I, totaal A1-D, per kg MGO (o.b.v. TNO Scheepsbrandstoffen, 2021)' met een verbruik van 100 kg MGO per ton installatie. Hiermee heeft de installatie/sloof fase een bijdrage van 7% op de MKI (zonder module D). Voor de afvalverwerking van de substation wordt uitgegaan van forfaitaire waarden (staal en koper, 95% recycling, 5% stort, aluminium, 97% recycling, 3% AVI). Het toegepaste model voor de substation staat weergegeven in bijlage I. De materialisatie is per 700MW. Dit is verrekend naar per 2MW om dit gelijk te stellen aan de windturbines uit Ecoinvent en vervolgens verrekend naar het aantal stuks ( $5,34 \times 10^{-9}$  van de 2MW installatie) per kWh. Hierbij wordt verondersteld dat de substations dezelfde levensduur hebben als de windturbines.

De substation heeft een MKI van € 0,000205 per kWh met daarbij horende module D baten van - € 0,000023 per kWh. De opname van de substation in het model voor elektriciteit van wind-op-zee zorgt voor een toename van 5% op de MKI per kWh (full life cycle met module D).

### Toekomst wind-op-zee afvalverwerking

Op dit moment is er nog geen conventioneel werkende recycling in stand voor wind-op-zee turbinebladen. Potentieel kan het materiaal hergebruikt of gerecycled worden, maar dit is nog niet gangbaar. Windturbinebladen bestaan uit glas- en koolstofvezelcomposiet wat lastig te recycleren is. Waarschijnlijk zijn de turbinebladen in de toekomst beter te recycleren.

<sup>26</sup> TNO (2019), Saraswati, N. (Novita), LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA) OF OFFSHORE WIND FARM, presentation



Zo is TNO bezig met pyrolyse voor de recycling van turbinebladen. Dit zou zich over een paar jaar moeten vertalen in windturbinebladen recycling hubs in Nederland<sup>27</sup>.

### 3.8 Elektriciteit van windturbines op land

Volgens Windstat staan er in Nederland 2.773 turbines, waarvan 551 offshore. Gezamenlijk hebben deze een vermogen van 7,6 GW, waarvan 2,84 GW offshore.<sup>28</sup> Dit betekent dat de gemiddelde windturbine op het land een vermogen heeft van 2,1 MW. Dit valt in het midden van de 1-3 MW turbinekaart van Ecoinvent en daarmee wordt deze als representatief beschouwt. Wel wordt het einde levensscenario gecorrigeerd naar de Bepalingsmethode.

#### 3.8.1 Correctie op het eindelevensscenario wind-op-land

De Ecoinvent modellen 'Wind turbine, 2MW, onshore {GLO}| market for | Cut-off, U' en 'Wind turbine network connection, 2MW, onshore {GLO}| market for network connection, turbine 2MW, onshore | Cut-off, U' zijn onderliggend aan 'Electricity, high voltage {NL}| electricity production, wind, 1-3MW turbine, onshore | Cut-off, U'. Het netwerk connectiemodel is hierin verwaarloosbaar (MKI bijdrage van 1%). Het eindelevensscenario wordt hiervoor niet verder uitgewerkt.

In het model van 'Wind turbine network connection, 2MW, onshore {GLO}| market for network connection, turbine 2MW, onshore | Cut-off, U' zijn de afvalverwerkingsprocessen verwijderd om vervangen te worden door specifieke processen, in lijn met de forfaitaire scenario's uit de Bepalingsmethode en conservatieve aannames.

#### C1

Het energieverbruik voor verwijdering van de windturbine zit al opgenomen in het Ecoinvent model.

#### C2

De materialisatie van de 2MW windturbine is te zien in tabel 3.18 samen met de betreffende afvalverwerkingsscenario's. De transportafstanden voor de afvalverwerking zijn in lijn met de forfaitaire waarden uit de bepalingmethode 50 km voor recycling en hergebruik, 100 km voor stort en 150 km voor AVI. Dit transport is gemodelleerd als '0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}| market group for transport, freight, lorry, unspecified | Cut-off, U)'. Er is een transport van 6,02E+04 tkm.

<sup>27</sup> TNO-innovatie biedt afgedankte windturbinebladen circulaire toekomst. Geraadpleegd op 25 oktober 2022, via: [https://www.duurzaam-ondernemen.nl/tno-innovatie-biedt-afgedankte-windturbinebladen-circulaire-toekomst/?utm\\_source=Online+Kenniscentrum+Duurzaam+Ondernemen&utm\\_campaign=afb55ca7d3-DuOn\\_KE\\_EMAIL\\_CAMPAGN&utm\\_medium=email&utm\\_term=0\\_bc05740288-afb55ca7d3-294542760](https://www.duurzaam-ondernemen.nl/tno-innovatie-biedt-afgedankte-windturbinebladen-circulaire-toekomst/?utm_source=Online+Kenniscentrum+Duurzaam+Ondernemen&utm_campaign=afb55ca7d3-DuOn_KE_EMAIL_CAMPAGN&utm_medium=email&utm_term=0_bc05740288-afb55ca7d3-294542760)

<sup>28</sup> Windstat, geraadpleegd op 22-11-2021, [https://windstats.nl/statistieken/#data\\_results](https://windstats.nl/statistieken/#data_results)

**Tabel 3.18**

Materialisatie van de 2MW windturbine

Materiaal	massa (kg)	Secundair	Verwerking s-scenario	Laten zitten	Stort	AVI	Recycling EOL	Hergebruik	Mod D, net. Mat. voor recycling
Beton en grind	840.000	0%	beton	0%	1%	0%	99%	0%	5,32E+02
Koper	3.256	29%	koper	0%	5%	0%	95%	0%	7,53E+02
Staal (RVS)	13.328	28%	staal, zink / verzinkt staal	0%	5%	0%	95%	0%	1,39E+04
Staal (low alloyed)	223.140	13%	staal, zink / verzinkt staal	0%	5%	0%	95%	0%	2,89E+02
Cast iron	20.688	39%	staal, zink / verzinkt staal	0%	5%	0%	95%	0%	1,59E+03
Kunststoffen	26.746	0%	conservatief	0%	0%	100%	0%	0%	5,37E+05
Aluminium	1.678	74%	aluminium, uit GWW	0%	0%	3%	97%	0%	3,79E+02

### C3 Afvalbewerking

Om de einde-afval status te bereiken moeten de materialen worden bewerkt. De afvalbewerking voor de metalen is gemodelleerd met NMD-proces '0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed {RER}) sorting and pressing of iron scrap | Cut-off, U)'.

Het verbranden van de turbinebladen is gemodelleerd met '0264-avC&Verbranden kunststoffen (28,67 MJ/kg) (o.b.v. o.b.v. mix 21% PE, 21% PP, 20% PVC, 17% PS en 21% mixture)' uitgaande van 70% kunststof, 30% glasvezel.

### C4 Finale afvalverwerking

In deze fase zijn de emissies en processen meegenomen voor de stort of het laten zitten van materialen.

### Module D

In module zijn de baten opgenomen van de substitutieprocessen door recycling. De module D baten zorgen voor een MKI-reductie van 11%. Dit komt vooral door de recycling van staal.

### 3.9 Elektriciteit uit PV

elektriciteit uit zone-energie is gemodelleerd als 'Electricity, low voltage {NL}| electricity production, photovoltaic, 570kWp open ground installation, multi-Si | Cut-off, U'. Dit proces heeft een MKI van € 0,015 per kWh. Het einde-levensscenario wordt gecorrigeerd naar de Nederlandse situatie en een post voor module D wordt toegevoegd.

#### 3.9.1 Correctie op het eindelevensscenario elektriciteit uit PV

Onderliggend aan het toegepaste Ecoinvent model zijn de inverter, het PV-paneel, het bevestigingssysteem en de elektriciteitsaansluiting (tabel 3.19).

**Tabel 3.19**

Model Electricity, low voltage {NL}| electricity production, photovoltaic, 570kWp open ground installation, multi-Si | Cut-off, U

Proces	Hoeveelheid	Bijdrage aan MKI
Inverter, 500kW {GLO}  market for   Cut-off, U	3,126 p	9,5%
Photovoltaic panel, multi-Si wafer {GLO}  market for   Cut-off, U	4401,7 m2	55,8%
Photovoltaic plant, electric installation for 570kWp open ground module {GLO}  market for photovoltaics, electric installation for 570kWp module, open ground   Cut-off, U	1 p	4,2%
Photovoltaic mounting system, for 570kWp open ground module {GLO}  market for   Cut-off, U	4273,5 m2	40,4%

Het PV paneel en het PV bevestigingssysteem hebben de grootste bijdrage aan de MKI. Voor het bevestigingssysteem is het eindelevensscenario aangepast. Het recyclen van het PV-paneel zelf is nog in opkomst en niet breed toegepast<sup>29</sup>. De afvalverwerking van het PV-paneel is gelijk gelaten met de afvalverwerking zoals is opgenomen in het Ecoinvent model 'Photovoltaic panel, multi-Si wafer {GLO}| market for | Cut-off, U'. Voor de inverter en de elektrische installatie zijn ook geen aanpassingen gemaakt op het eindelevensscenario en de afvalverwerking. Ecoinvent gaat uit van afvalverwerking in 'Municipal solid waste'.

De Ecoinvent afvalverwerkingsprocessen zijn voor het PV bevestigingssysteem verwijderd om vervangen te worden door specifieke processen, in lijn met de forfaitaire scenario's uit de Bepalingsmethode en conservatieve aannames. Er zijn geen milieulasten gerekend voor de demontage van het bevestigingssysteem.

<sup>29</sup> R. van Tongeren (2018), Delft Integraal, <https://www.tudelft.nl/delft-integraal/articles/hoe-circulair-is-een-zonnepaneel>

### C2 mounting system

De materialisatie van het bevestigingssysteem is te zien in tabel 3.20 samen met de betreffende afvalverwerkingsscenario's. De transportafstanden voor de afvalverwerking zijn in lijn met de forfaitaire waarden uit de bepalingmethode 50 km voor recycling en hergebruik, 100 km voor stort en 150 km voor AVI. Dit transport is gemodelleerd als '0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}) market group for transport, freight, lorry, unspecified | Cut-off, U'.

**Tabel 3.20**

Materialisatie Photovoltaic mounting system per m<sup>2</sup>

Materiaal	massa (kg)	Secundair	Verwerkings-scenario	Laten zitten	Stort	AVI	Recycling EOL	Hergebruik	Mod D, net. Mat. voor recycling
Beton en grind	1,30	0%	beton	0%	1%	0%	99%	0%	1,29E+00
Staal (RVS)	0,25	28%	staal, zink / verzinkt staal	0%	5%	0%	95%	0%	1,68E-01
Staal (low alloyed)	7,25	13%	staal, zink / verzinkt staal	0%	5%	0%	95%	0%	5,98E+00
Zink	0,11	0%	staal, zink / verzinkt staal	0%	5%	0%	95%	0%	1,05E-01
Kunststoffen	0,01	0%	100% AVI	0%	0%	100%	0%	0%	1,52E-01
Aluminium	3,98	74%	aluminium, uit GWW	0%	0%	3%	97%	0%	9,15E-01

### C3 Afvalbewerking

Om de einde-afval status te bereiken moeten de materialen van het PV mounting system worden bewerkt. De afvalbewerking voor de metalen is gemodelleerd met NMD-proces '0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed {RER}) sorting and pressing of iron scrap | Cut-off, U'.

### C4 Finale afvalverwerking

In deze fase zijn de emissies en processen meegenomen voor de stort van materialen van het PV mounting system.

### Module D

In module zijn de baten opgenomen van de substitutieprocessen door recycling van het PV mounting system. De module D baten zorgen voor een MKI-reductie van 7%. Dit komt vooral door de recycling van staal.

### 3.10 Transmissie en distributienetwerk elektriciteit (A4)

*Kapitaalgoederen, het elektriciteitsnet:* het beschikbare NMD proces: Materialisatie elektriciteitsnet; per kWh aan huis beschouwt het volledige distributienetwerk voor elektriciteit geleverd tot het stop-contact. Deze kaart rust voor een groot deel op de Zwitserse elektriciteitsnetwerk-achtergronddata uit 2012. Netbeheer Nederland heeft beschikbare kerngegevens voor het Nederlandse elektriciteitsnetwerk, hiermee kunnen we de netwerkdata representatiever maken.

In Nederland ligt er in totaal 337.952 km net. Dit deelt Netbeheer Nederland op in 'extra hoogspanning', 'hoogspanning', 'middelspanning' en 'laagspanning'. Tabel 3.21 geeft het totaal aantal kilometer netwerk weer per spanningstype.<sup>30</sup>

**Tabel 3.21**

Omvang netwerk per spanningstype

	Totaal aantal kilometer netwerk in Nederland	Percentage ten opzichte van het totale netwerk
<b>Extra hoogspanning</b>	2873 km	0,85%
<b>Hoogspanning</b>	8786 km	2,60%
<b>Middelspanning</b>	105664 km	31,27%
<b>Laagspanning</b>	220629 km	65,28%

In de Ecoinvent achtergronddata voor distributienetwerken wordt uitgegaan van een netwerklevensduur van 40 jaar. Deze technische levensduur houden we aan. In Nederland was er in 2020 een netto elektriciteitsproductie van 119.238 miljoen kWh (CBS). Uitgaande van deze waarde gaat er in 40 jaar 4.769,52 miljard kWh over het elektriciteitsnetwerk. Dit betekent 7,09E-08 km netwerk per kWh. In tabel 3.22 wordt dit verdeeld onder extra hoogspanning, hoogspanning, middelspanning en laagspanning. Ook in deze tabel zijn de betreffende Ecoinvent achtergrondprocessen weergegeven.

<sup>30</sup> Netbeheer Nederland, geraadpleegd op 23-11-2021, <https://energiecijfers.info/hoofdstuk-1/>

**Tabel 3.22**

Materialisatie naar aard netwerk

	Ecoinventproces	Materialisatie elektriciteitsnet; km per kWh aan huis [NL]
<b>Extra hoogspanning</b>	Transmission network, long-distance {GLO}  market for   Cut-off, U	6,02E-10 km
<b>Hoogspanning</b>	Transmission network, electricity, high voltage {GLO}  market for   Cut-off, U	1,84E-09 km
<b>Middelspanning</b>	Transmission network, electricity, medium voltage {GLO}  market for   Cut-off, U	2,22E-08 km
<b>Laagspanning</b>	Distribution network, electricity, low voltage {GLO}  market for   Cut-off, U	4,63E-08 km

Naast het transmissie- en distributienetwerk staan er in de Ecoinvent achtergrond processen van Nederlandse elektriciteit op low, medium en high voltage ook input en emissies van Sulfur hexafluoride, dinitrogen monoxide en ozon die plaatsvinden bij de elektriciteitstransmissie en distributie. Deze waarden zijn gelijk gelaten in de elektriciteitsmodellen. Deze waarden zijn niet opgenomen in het model voor materialisatie externe levering gezien dit emissies zijn tijdens het transportgebruik.

*Verlies:* de meeste elektriciteit wordt geconverteerd van hoogspanning naar middelspanning naar laagspanning. Deze conversies brengen gezamenlijk volgens Ecoinvent achtergrondprocessen een verlies van 5,4%<sup>31</sup>. De meest recente data over transmissie en distributieverliezen binnen Nederland komt uit 2014. Deze data geeft een totaal transmissie- en distributieverlies van 4,779% weer ten opzichte van de output<sup>32</sup>. In het model gaan we uit van de 4,779% verlies in de conversie, transmissie en distributie van netto elektriciteitsproductie tot het stopcontact ten opzichte van de output. Oftwel voor 1 kWh elektriciteit bij de consument is 1,04779 kWh elektriciteit nodig vanuit de opwekkingsinstallatie.

<sup>31</sup> Voor deze berekening is gekeken naar de achtergrondprocessen van 'Electricity, low voltage {NL}| market for | Cuto-off, U'. Dit proces heeft voor een 1 kWh output 1,0175 kWh input. Hiervan komt 0,975 kWh van 'Electricity, low voltage {NL}| electricity voltage transformation from medium to low voltage | Cut-off, U'. Deze kaart is voor een productie van 1 kWh opgebouwd uit 1,0147kWh 'Electricity, medium voltage {NL}| market for | Cut-off, U'. Deze kaart is weer opgebouwd uit 1,0024 kWh met als voornaamste bron 'Electricity, medium voltage {NL}| electricity voltage transformation from high to medium voltage | Cut-off, U'. Deze bestaat weer uit 1,0033 kWh 'Electricity, high voltage {NL}| market for | Cut-off, U'. En dit laatst genoemde proces bestaat uit 1,0181 kWh van energiebronnen. Alle verliezen met elkaar vermenigvuldigd  $1,0175 \cdot 1,0147 \cdot 1,0024 \cdot 1,0033 \cdot 1,0180$  blijkt dat 1,0572 kWh nodig is voor 1 kWh laag voltage uit het stopcontact. Dit komt neer op een verlies van 5,4%.

<sup>32</sup> The World Bank (2021), Electric power transmission and distribution losses (% of output) – Netherlands. Geraadpleegd op 24 november 2021, via: <https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.LOSS.ZS?locations=NL>



Wanneer elektriciteit van het net geen conversie ondergaat en op hoog voltage wordt toegepast, dan zorgt dit voor minder conversieverlies. Ten opzichte van elektriciteit van het net op laag voltage bespaart toepassing op medium voltage 1,4% verlies en hoog voltage 1,8%. Dit vertaald zich in een correctiefactor van 0,99 bij toepassing van netstroom op medium voltage en 0,98 bij toepassing van netstroom op hoogvoltage (zonder conversie)<sup>33</sup>.

*Eindelevensscenario transmissie en distributienetwerk:* De materialisatie van het transmissie en distributienetwerk zijn globaal onderzocht aan de hand van de '{ROW}' processen van distributienetwerk low voltage, medium voltage, high voltage en long distance. Hieruit volgt dat per km netwerk ongeveer 25.000 kg materialen nodig zijn, waarvan 73% beton, 14% staal en 8% koper.

De overige 5% komt van aluminium, lood, gravel, PVC en PE. Het eindelevensscenario wordt als volgt gemodelleerd:

- De sloop van het netwerk laten we buiten beschouwing.
- Transport vindt plaats op basis van de forfaitaire transportafstanden per eindelevensscenario (100 km stort, 150 km verbranding, 50 km recycling).
- Per materiaal is het forfaitaire afvalbewerkingsscenario gemodelleerd met NMD afvalverwerkingsprocessen.

Binnen de externe leveringsproductkaart 'Elektriciteit, elektriciteitsnet zonder opwekkingsmiddelen, materialisatie externe levering, per kWh' zit de materialisatie van het elektriciteitsnet opgenomen. Conversie- en transportverliezen zijn gerelateerd aan de betreffende energieopwekkingsmiddelen en zitten niet in deze externe leveringskaart opgenomen.

In bijlage I is per module de inventarisatie van de gehele productkaart weergegeven, inclusief gehanteerde achtergrondprocessen uit Ecoinvent.

### **3.11 Warmtelevering, stadswarmte, Hoge temperatuur, Grijs**

#### **3.11.1 Systeemgrenzen**

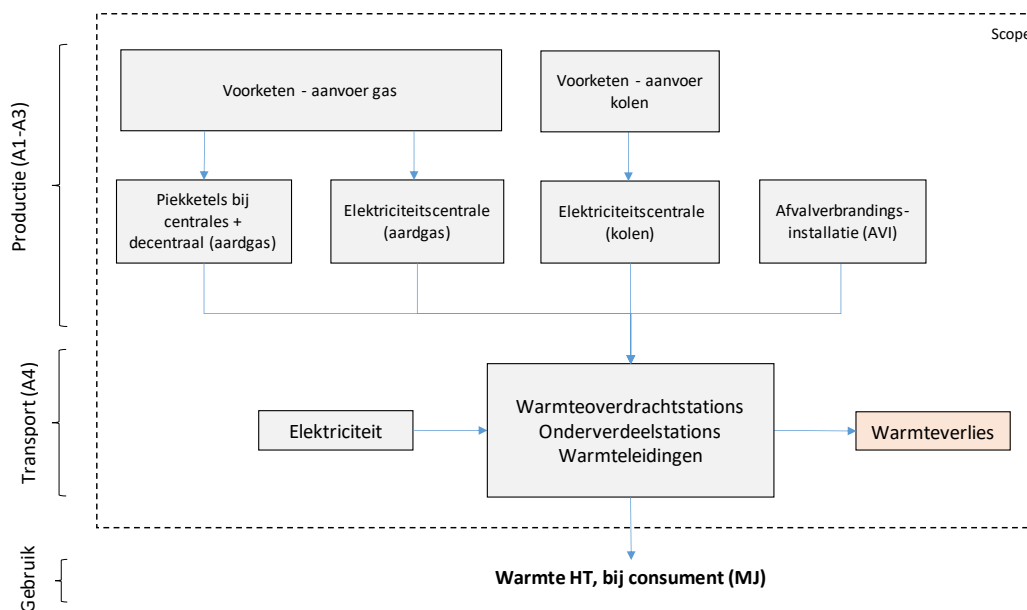
Voor de productkaart van Warmte, hoge temperatuur, grijs zijn de systeemgrenzen gehanteerd zoals weergegeven in figuur 3.7. Naast de modules A1-A3 (productie van warmte) en A4 (transport naar consument) is module D ook meegenomen in de analyse (Baten en lasten buiten systeemgrenzen).

---

<sup>33</sup> Het Ecoinvent achtergrondproces 'Electricity, low voltage {NL}| electricity voltage transformation from medium to low voltage | Cut-off, U' is voor een productie van 1 kWh opgebouwd uit 1,0147kWh 'Electricity, medium voltage {NL}| market for | Cut-off, U'. Bij toepassing van netstroom op middelspanning resulteert dit in een correctiefactor van 0,99 (1 / 1,0147).

1 kWh van 'Electricity, medium voltage {NL}| electricity voltage transformation from high to medium voltage | Cut-off, U' bestaat uit 1,0033 kWh 'Electricity, high voltage {NL}| market for | Cut-off, U'. Bij toepassing van netstroom op hoogspanning resulteert dit in een correctiefactor van 0,98 (1 / 1,0147 / 1,0033).





**Figuur 3.7**

Systeemgrenzen Warmte, Hoge temperatuur, Grijs

### 3.11.2 Levenscyclusinventarisatie (LCI)

Hieronder volgt een korte toelichting per module, de LCI met geselecteerde achtergrondmodellen is weergegeven in bijlage I.

#### 3.11.2.1 Productiefase (A1-3)

Op basis van het rapport "Warmtemonitor 2019<sup>34</sup>", uitgegeven door het CBS zijn vier productiebronnen voor 'grijze' warmte bepaald en is het aandeel binnen de gemiddelde productiemix bepaald. Deze productiemix is weergegeven in tabel 3.23.

Het aandeel warmte uit hulpketels gas valt niet exact af te leiden uit het rapport van CBS, alleen het aandeel van decentraal opgestelde hulpketels is bekend. Deze warmteproductie heeft echter wel een grote invloed op de milieuscore.

Daarop zijn de zogenaamde *warmte-etiketten* van warmteleveranciers nageslagen, waarop per productiejaar de productiebronnen van verschillende warmtenetten vermeld staan. Helaas levert dit niet direct een overzichtelijk beeld op van Nederland. Het aandeel wordt alleen goed vermeld bij het warmte-etiket van leverancier Eneco.

<sup>34</sup> Zie Rapportage Warmtemonitor 2019, te bereiken op: <https://www.cbs.nl/-/media/pdf/2020/35/warmtemonitor-2019.pdf>

In 2019<sup>35</sup> en 2020<sup>36</sup> was de warmte voor de verschillende warmtenetten van Eneco respectievelijk 14% en 13% afkomstig uit hulpketels gas. Hierop is een standaardpercentage van 15% voor warmte uit hulpketels gas vastgesteld.

Ook valt de verhouding tussen kolen- en gascentrales bij warmte uit elektriciteitscentrales niet af te leiden. Kolencentrales hebben een aanzienlijk hogere milieubelasting per gegenereerde hoeveelheid warmte in vergelijking met gascentrales. Het is bekend dat het aandeel elektriciteitscentrales op gas dat ingezet wordt voor warmtenetten een stuk hoger ligt dan elektriciteitscentrales op kolen, maar het aandeel in de warmteproductie van beide typen is echter niet bekend. Als conservatieve aanname is gesteld dat 25% van de warmte uit *elektriciteitscentrales* uit kolen afkomstig is.

Voor warmte uit AVI is alleen het niet-biogene gedeelte meegerekend.

### Tabel 3.23

Aandeel warmtebronnen in warmteproductiemix (grijs)

Productiebron Warmte	Aandeel %
Warmte uit elektriciteitscentrale kolen	15,0%
Warmte uit elektriciteitscentrale gas	55,3%
Warmte uit hulpketels gas	18,4%
Warmte uit afvalverbrandingsinstallatie (AVI)	11,2%

Voor elke productiebron is een representatief achtergrondmodel gekozen uit Ecoinvent. Voor de warmte uit afvalverbrandingsinstallatie (AVI) is alleen de impact van een warmtecentrale meegenomen, afgeleid van het gehanteerde model van de energiecentrale kolen. Overeenkomstig de bepalingmethode en EN15804 wordt de warmte die als input voor de energiecentrale behorende bij een AVI vrij van milieulast in het systeem geïmporteerd.

Ook zijn de milieueffecten van de eindelevensbehandeling van de materialisatie van de infrastructuur (warmteproductiecentrales) geanalyseerd, zowel binnen module A1-A3 als module D. Dit wordt normaal gesproken bij LCA's volgens de bepalingmethode buiten beschouwing gelaten vanwege de geringe invloed. Bij de energiedragers is het echter een meer relevant effect, met name bij de productkaarten voor de 'materialisatie externe levering', aangezien deze alleen over de materialisatie gaan.

Er is bij deze deelaanlyse een beperkte scope aangehouden: er is een eerste orde berekening uitgevoerd, waarbij is gekeken naar een representatieve centrale (elektriciteitscentrale gas, combined cycle) en ook alleen naar de belangrijkste materialen (massa-aandeel >5%).

<sup>35</sup> Zie warmte-etiket Eneco 2019, te bereiken via: <https://www.eneco.nl/over-ons/~media/content/pdf/warmte-etiket/warmte-etiket-2019.pdf/>

<sup>36</sup> Zie warmte-etiket Eneco 2020, te bereiken via: [https://www.eneco.nl/grootzakelijk/~media/content/pdf/warmte-etiket/eneco\\_warmte-etiket\\_2020.pdf?la=en/&hash=D2FB65440983D77521B27E84B62A6812](https://www.eneco.nl/grootzakelijk/~media/content/pdf/warmte-etiket/eneco_warmte-etiket_2020.pdf?la=en/&hash=D2FB65440983D77521B27E84B62A6812)

### 3.11.2.2 Transportfase (A4)

Bij het transport van warmte treden verliezen op. Op basis van het rapport 'Warmtemonitor 2019<sup>37</sup>', is dit bepaald op 26,5%. Deze verliezen zijn in de LCA-berekening naar rato verdeeld over de productiemix van warmtebronnen.

Voor de transportfase is een nieuwe inventarisatie gemaakt voor een warmtedistributienet. Deze wordt toegepast bij de berekening van zowel het hoge als het lage temperatuur warmtedistributienet.

In tabel 3.24 is de inventarisatie weergegeven. De hoeveelheden zijn geschaald per MJ aan warmte afgeleverd bij de consument. De informatie is afkomstig van wetenschappelijke LCA-studies naar stadswarmtenetten, in Letland<sup>38</sup>, Zweden<sup>39</sup> en Turijn<sup>40</sup>. Ook is uit het bestaande NMD-warmtenet achtergrondproces ('Distributie warmte (op basis van Zwitsers proces)') de hoeveelheid elektriciteit voor aandrijving van het transport genomen.

**Tabel 3.24**

Inventarisatie warmtedistributienet, per MJ afgeleverd bij consument

Productiebron Warmte	Hoeveelheid	Eenheid	Bron
HDPE	2,33E-05	kg	Gemiddelde van 3 netten
Polyurethaan schuim	1,22E-05	kg	Gemiddelde van 3 netten
Staal	1,52E-04	kg	Gemiddelde van 3 netten
Graafwerkzaamheden (dieselgebruik)	2,23E-06	liter	Zweeds net
Elektriciteit	2,78E-03	kWh	Bestaande NMD-warmtenet achtergrondproces, waarde Zweeds vergelijkbaar, maar net iets lager.

Ook zijn de milieueffecten van de eindelevensbehandeling van de materialisatie van de infrastructuur (warmteproductiecentrales) geanalyseerd, zowel binnen module A4 als module D. De verwachting is dat dit met name bij de productkaarten voor de 'materialisatie externe levering' een significant effect heeft, aangezien deze alleen over de infrastructuur gaan.

### 3.11.2.3 Baten en lasten buiten de systeemgrenzen (D)

De baten en lasten buiten de systeemgrenzen zijn berekend voor de vrijgekomen materialen uit module A1-A3 en module A4, volgens forfaitaire eindelevensscenario's.

In bijlage I is per module de inventarisatie van de gehele productkaart weergegeven, inclusief gehanteerd achtergrondproces uit Ecoinvent.

<sup>37</sup> Zie Rapportage Warmtemonitor 2019, te bereiken op: <https://www.cbs.nl/-/media/pdf/2020/35/warmtemonitor-2019.pdf>

<sup>38</sup> Te vinden op: <https://sciencedirect.com/pdf/10.2478/rtuct-2019-0068>

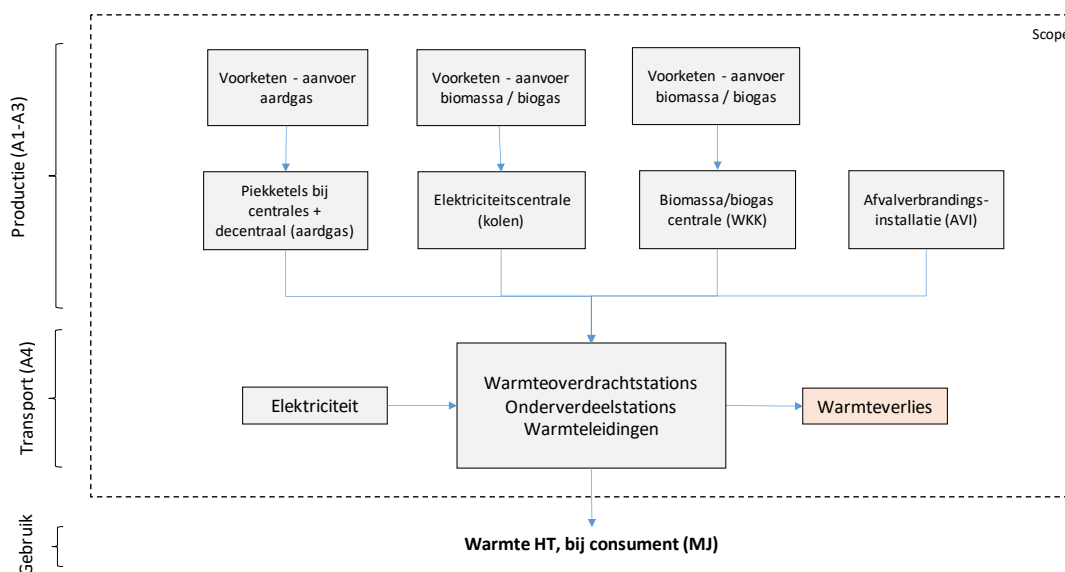
<sup>39</sup> Te vinden op: <https://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=9038080&fileId=9038084>

<sup>40</sup> Te vinden op: <https://www.mdpi.com/848182>

## 3.12 Warmte, Hoge temperatuur, Hernieuwbaar

### 3.12.1 Systeemgrenzen

Voor de productkaart van Warmte, hoge temperatuur, hernieuwbaar zijn de systeemgrenzen gehanteerd zoals weergegeven in figuur 3.8. Naast de modules A1-A3 (productie van warmte) en A4 (transport naar consument) is module D ook meegenomen in de analyse (Baten en lasten buiten systeemgrenzen).



**Figuur 3.8**

Systeemgrenzen Warmte, Hoge temperatuur, Hernieuwbaar

### 3.12.2 Levenscyclusinventarisatie (LCI)

Hieronder volgt een korte toelichting per module, de LCI met geselecteerde achtergrondmodellen is weergegeven in bijlage I.

#### 3.12.2.1 Productiefase (A1-3)

Op basis van het rapport 'Warmtemonitor 2019'<sup>41</sup>, uitgegeven door het CBS, zijn vier productiebronnen voor 'hernieuwbare warmte bepaald en is het aandeel binnen de gemiddelde productiemix bepaald. Deze productiemix is weergegeven in tabel 3.25.

Om een volledige configuratie met betrouwbare levering van warmte te modelleren is ook hier warmte uit een hulp-gasketel opgenomen, eveneens met het standaardaandeel van 15% binnen de totale warmteproductiemix.

<sup>41</sup> Zie Rapportage Warmtemonitor 2019, te bereiken op: <https://www.cbs.nl/-/media/pdf/2020/35/warmtemonitor-2019.pdf>

De verhouding tussen warmteproductie uit biogas- en biomassacentrales valt niet uit de rapportage van CBS af te leiden (dit is een gezamenlijke categorie 'biomassa'). Biogas heeft een hogere milieubelasting per gegenereerde hoeveelheid warmte in vergelijking met warmte uit biomassacentrales. Als aanname is gesteld dat 50% van de warmte uit biomassa en 50% uit biogas afkomstig is.

Voor warmte uit AVI is alleen het biogene gedeelte meegerekend bij het bepalen van de productiemix.

**Tabel 3.25**

Aandeel warmtebronnen in warmteproductiemix (hernieuwbaar)

Productiebron Warmte	Aandeel %
Warmte uit elektriciteitscentrale biogas	15,0%
Warmte uit elektriciteitscentrale biomassa	27,0%
Warmte uit hulpketels gas	29,0%
Warmte uit afvalverbrandingsinstallatie (AVI)	29,0%

Voor elke productiebron is een representatief achtergrondmodel gekozen uit Ecoinvent. Voor de Warmte uit afvalverbrandingsinstallatie (AVI) is alleen de impact van een warmtecentrale meegenomen, afgeleid van het gehanteerde model van de energiecentrale kolen. Overeenkomstig de bepalingsmethode en EN15804 wordt de warmte die als input voor de energiecentrale behorende bij een AVI vrij van milieulast in het systeem geïmporteerd.

Ook hier zijn de milieueffecten van de eindelevensbehandeling van de materialisatie van de infrastructuur (warmteproductiecentrales) geanalyseerd, zowel binnen module A1-A3 als module D. Dit wordt normaal gesproken bij LCA's volgens de bepalingsmethode buiten beschouwing gelaten vanwege de geringe invloed. Bij de energiedragers is het echter een meer relevant effect, met name bij de productkaarten voor de 'materialisatie externe levering', aangezien deze alleen over de materialisatie gaan. Er is bij deze deelanalyse een beperkte scope aangehouden: er is een eerste orde berekening uitgevoerd, waarbij is gekeken naar een representatieve centrale (elektriciteitscentrale gas, combined cycle) en ook alleen naar de belangrijkste materialen (massa-aandeel >5%).

#### 3.12.2.2 Transportfase (A4)

Bij het transport van warmte treden verliezen op. Op basis van het rapport 'Warmtemonitor 2019'<sup>42</sup>, is dit bepaald op 26,5%, gelijk aan de verliezen bij de warmtelevering, grijs. Deze verliezen zijn in de LCA-berekening naar rato verdeeld over de productiemix van warmtebronnen.

Voor de transportfase is dezelfde modellering gebruikt als beschreven bij warmtelevering, grijs. Ook zijn de milieueffecten van de eindelevensbehandeling van de materialisatie van de infrastructuur (warmteproductiecentrales) meegenomen, zowel binnen module A4 als module D.

<sup>42</sup> Zie Rapportage Warmtemonitor 2019, te bereiken op: <https://www.cbs.nl/-/media/pdf/2020/35/warmtemonitor-2019.pdf>

### 3.12.2.3 Baten en lasten buiten de systeemgrenzen (D)

De baten en lasten buiten de systeemgrenzen zijn berekend voor de vrijgekomen materialen uit module A1-A3 en module A4, volgens forfaitaire eindelevensscenario's.

In tabel I.10, bijlage 1 is per module de inventarisatie van de gehele productkaart weergegeven, inclusief gehanteerd achtergrondproces uit Ecoinvent.

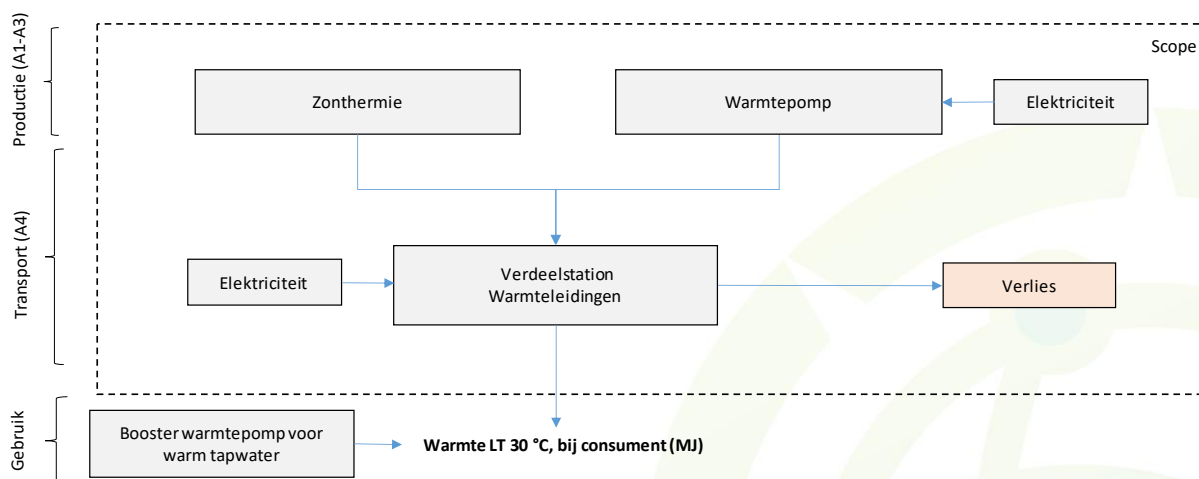
## 3.13 Warmte, Lage temperatuur, grijs en hernieuwbaar

### 3.13.1 Systeemgrenzen

Voor de productkaart van Warmte, lage temperatuur zijn twee varianten opgenomen: grijs en hernieuwbaar. In deze sectie worden beide varianten beschreven.

De systeemgrenzen zijn gehanteerd zoals weergegeven in figuur 3.9. Naast de modules A1-A3 (productie van warmte) en A4 (transport naar consument) is module D ook meegenomen in de analyse (Baten en lasten buiten systeemgrenzen).

Het verschil tussen grijs en hernieuwbaar wordt volledig bepaald door de input van elektriciteit in de warmtepomp en bij het transport van elektriciteit, respectievelijk de input van grijze en hernieuwbare elektriciteit voor grijze en hernieuwbare warmte op lage temperatuur.



**Figuur 3.9**

Systeemgrenzen Warmte, Lage temperatuur

### 3.13.2 Levenscyclusinventarisatie (LCI)

Hieronder volgt een korte toelichting per module, de LCI met geselecteerde achtergrondmodellen is weergegeven in bijlage I.



### 3.13.2.1 Productiefase (A1-3)

Voor lage temperatuurverwarming zijn geen algemene gegevens bekend van configuraties, deze worden simpelweg in Nederland slechts op zeer beperkte schaal toegepast. Ook zijn er zeer weinig achtergrondmodellen beschikbaar in Ecoinvent van lage temperatuur. Daarop is besloten om een aanname te maken voor een fictieve configuratie: deze bestaat voor 50% van de levering uit Zonthermie en 50% uit een centrale warmtepomp. Voor deze twee productiebronnen is een representatief achtergrondmodel beschikbaar in Ecoinvent.

Ook hier zijn de milieueffecten van de eindelevensbehandeling van de materialisatie van de infrastructuur (warmteproductiecentrales) geanalyseerd, zowel binnen module A1-A3 als module D. Er is gekeken naar de belangrijkste materialen in de achtergrondmodellen, deze blijken significant complexer te zijn. Ook blijkt het gezamenlijke materiaaltaandeel (met name de metalen) per geproduceerde MJ in totaal onder dat van conventionele warmte centrales te liggen. Als conservatief uitgangspunt is besloten om hier ook uit te gaan van dezelfde representatieve centrale als bij warmte, hoge temperatuur (elektriciteitscentrale gas, combined cycle) en ook alleen naar de belangrijkste materialen (massa-aandeel >5%).

### 3.13.2.2 Transportfase (A4)

Bij het transport van warmte treden verliezen op. Op basis van het rapport 'Warmtemonitor 2019<sup>43</sup>', is dit bepaald op 26,5% bij hoge temperatuur. Voor lage temperatuur zijn geen vergelijkbare cijfers bekend, dit hangt ook samen met onder andere de grootte en leeftijd van het warmtenet. Er is een inschatting gemaakt op basis van de cijfers over hoge temperatuur warmtenetten, waarbij wordt meegenomen dat warmteverlies recht evenredig is met temperatuurverschil ( $W/m^2 \cdot K$ ). Een inschatting is gemaakt door het warmteverlies bij hoge temperatuur warmtenetten te corrigeren met een factor. Deze factor is bepaald door de ratio van de temperatuur 30 van het lage temperatuurnet te nemen ten opzichte van een temperatuur van 70 graden voor het hoge temperatuur warmtenet. Het verlies komt dan uit op 11,4%. Deze verliezen zijn in de LCA-berekening naar rato verdeeld over de productiemix van warmtebronnen.

Voor de transportfase is dezelfde modellering gebruikt als beschreven bij warmtelevering, hoge temperatuur. Ook zijn de milieueffecten van de eindelevensbehandeling van de materialisatie van de infrastructuur (warmteproductiecentrales) meegenomen, zowel binnen module A4 als module D.

### 3.13.2.3 Baten en lasten buiten de systeemgrenzen (D)

De baten en lasten buiten de systeemgrenzen zijn berekend voor de vrijgekomen materialen uit module A1-A3 en module A4, volgens forfaitaire eindelevensscenario's.

In tabel I.11, bijlage I is per module de inventarisatie van de gehele productkaart weergegeven, inclusief gehanteerd achtergrondprocessen uit Ecoinvent. Deze is voor de varianten grijs en hernieuwbaar gelijk, behoudens de elektriciteit voor de warmtepomp (in module A1-A3) en het transport (in module A4).

<sup>43</sup> Zie Rapportage Warmtemonitor 2019, te bereiken op: <https://www.cbs.nl/-/media/pdf/2020/35/warmtemonitor-2019.pdf>

## 4. Resultaten

### 4.1 Berekening milieuprofiel

In deze LCA zijn de volgende rekenprocedures toegepast:

- De berekeningen in deze LCA zijn gemaakt volgens de eisen en richtlijnen van NEN-EN 15804 en de Bepalingsmethode Bouwwerken.
- De milieu-ingrepen zijn berekend met de methoden die zijn omschreven in NEN-EN 15804 aangevuld met karakterisatiefactoren uit de rekenmethode (NMD versie 3.4), zowel set 1 (+A1) als set 2 (+A2).
- Indien van toepassing zijn de regels voor allocatie bij multi-input, -output, recycling- en hergebruikprocessen uit NEN-EN 15804 gevolgd, overeenkomstig de NEN-EN-ISO 14044.
- De LCA-berekeningen zijn uitgevoerd met SimaPro 9.1.0.8.
  - Ecoinvent processen zijn doorgerekend inclusief infrastructuurprocessen en kapitaalgoederen.
  - Ecoinvent processen zijn doorgerekend exclusief lange termijn (>100 jaar) emissies.
- Conform paragraaf 3.5 van de Bepalingsmethode zijn deze effectcategorieën omgerekend naar een milieukosten indicator (MKI) in euro's.

### 4.2 Gekarakteriseerde en gewogen resultaten

In bijlage II staan de uitkomsten gekarakteriseerd en als MKI-waarde voor de verschillende energiedragers compleet weergegeven voor set 1 en set 2.

Het wegen van resultaten is een proces waarbij de resultaten van verschillende milieueffectcategorieën worden omgezet naar een 1 punt' score zodat ze integraal beschouwd kunnen worden. In deze studie wordt, conform de Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken, gebruik gemaakt van de Milieukostenindicator (MKI) om de verschillende effectcategorieën te wegen tot één eindpunt.

In onderstaande tabel zijn per energiedrager de MKI-resultaten op totaalniveau voor de productkaart, voor de productkaart materialisatie externe levering en per module weergegeven.

**Tabel 4.1.**

**Gewogen milieuresultaten energiedragers in MKI (€)**

Energiedrager	Totaal	Materialisatie externe levering	A1-A3	A4	B	D
Aardgas, verbrand, bij consument, per m3	€ 0,18	€ 0,004	€ 0,06	€ 0,02	€ 0,11	€ -0,001
Elektriciteit, Nederlandse mix (73% grijs, 27% hernieuwbaar), bij consument, per kWh	€ 0,0287	€ 0,0037	€ 0,0258	€ 0,0032		€ -0,00032
Elektriciteit, Grijs, bij consument, per kWh	€ 0,0341	€ 0,0021	€ 0,0309	€ 0,0035		€ -0,00018
Elektriciteit, Nederlandse hernieuwbare mix, bij consument, per kWh	€ 0,0139	€ 0,0078	€ 0,0120	€ 0,0026		-€ 0,0007
Elektriciteit, hernieuwbaar, uit biomassa, bij consument, per kWh	€ 0,0254	€ 0,0035	€ 0,0226	€ 0,0031		-€ 0,00022
Elektriciteit, hernieuwbaar, van windturbines op zee, bij consument, per kWh	€ 0,0056	€ 0,0054	€ 0,0038	€ 0,0022		-€ 0,00039
Elektriciteit, hernieuwbaar, van windturbines op land, bij consument, per kWh	€ 0,0058	€ 0,0057	€ 0,0043	€ 0,0022		-€ 0,00067
Elektriciteit, hernieuwbaar, uit PV, bij consument, per kWh	€ 0,0165	€ 0,0164	€ 0,0153	€ 0,0027		-€ 0,0014
Elektriciteit, elektriciteitsnet zonder opwekkingsmiddelen, materialisatie externe levering, per kWh	€ 0,00167	€ 0,00167		€ 0,00184		€ -0,00017
Warmte HT, grijs, bij consument, per MJ	€ 0,0029	€ 0,0001	€ 0,0020	€ 0,0009		€ -0,00002
Warmte HT, hernieuwbaar, bij consument, per MJ	€ 0,0021	€ 0,0001	€ 0,0015	€ 0,0007		€ -0,00002
Warmte LT, grijs, bij consument, per MJ	€ 0,0020	€ 0,0011	€ 0,0016	€ 0,0004		€ -0,00002
Warmte LT, hernieuwbaar, bij consument, per MJ	€ 0,0015	€ 0,0011	€ 0,0012	€ 0,0003		€ -0,00002

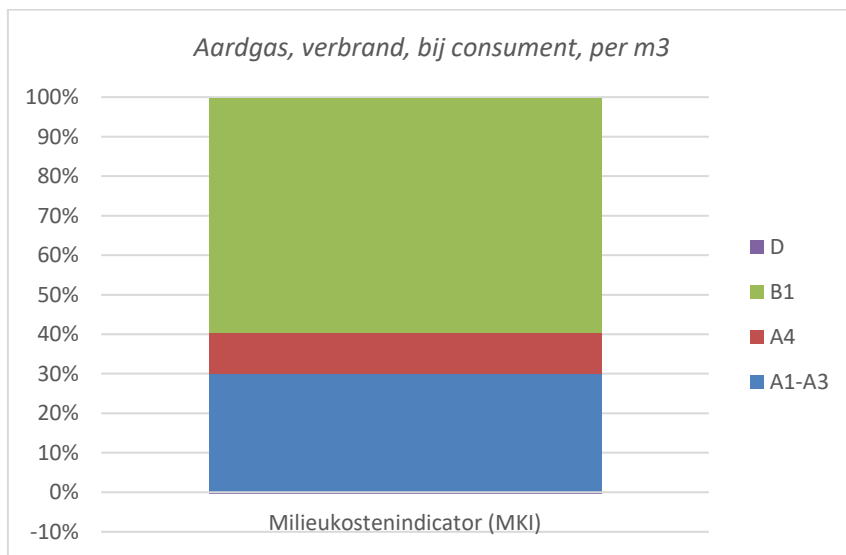
Hierbij moet worden opgemerkt dat in de berekening van milieueffecten (MKI) van de grijze elektriciteit, de nadelen van radioactief kernafval en ontmanteling van kerncentrales maar beperkt zijn meegenomen. Bij de huidige weegset (set 1) worden hier geen schaduwkosten aan verbonden, er is alleen een extra bijdrage aan de extra parameters (radioactief afval).

### 4.3 Zwaartepuntanalyse

In de zwaartepuntanalyse zijn de belangrijkste bijdragen aan het milieuprofiel van de verschillende energiedragers geanalyseerd, gegroepeerd per type energiedrager: aardgas, elektriciteit en warmte. De analyse is alleen gedaan op de bijdrage aan de Milieukostenindicator (MKI).

### 4.3.1 Aardgas

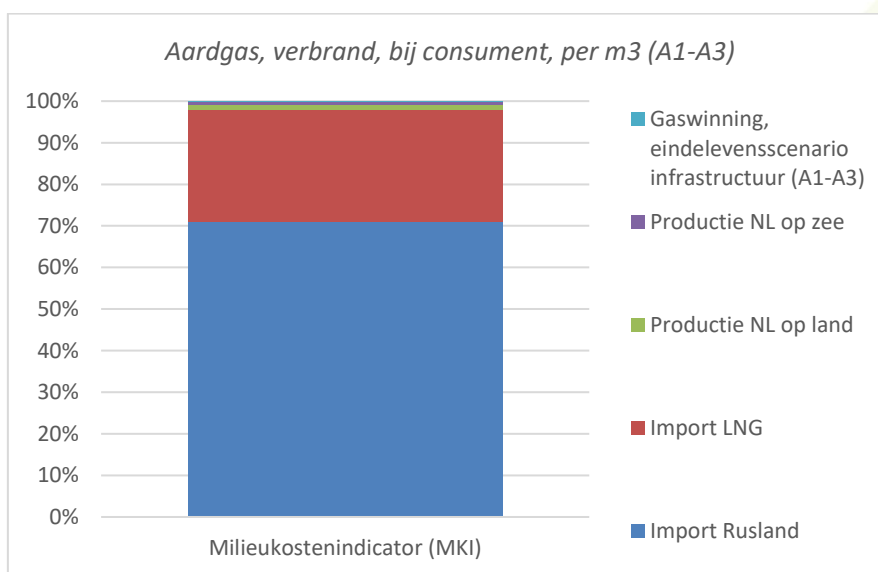
In onderstaande figuur is de bijdrage van de MKI per module aan het totaal weergegeven van aardgas. De dominante bijdrage van module B1 wordt gevormd door de modellering van verbranding van het aardgas binnen die module. De zwaartepunten binnen module A1-A3 is in de opvolgende figuur weergegeven.



**Figuur 4.1**

Aardgas: bijdrage MKI per module aan totaal

Binnen module A1-A3 vormt de import van gasvormig aardgas vanuit Rusland de grootste invloed. Dit heeft te maken met de grote transportafstand die moet worden afgelegd, waarbij een grotere materiaalhoeveelheid per m<sup>3</sup> getransporteerd gas benodigd is en er ook grotere verliezen tijdens transport optreden.

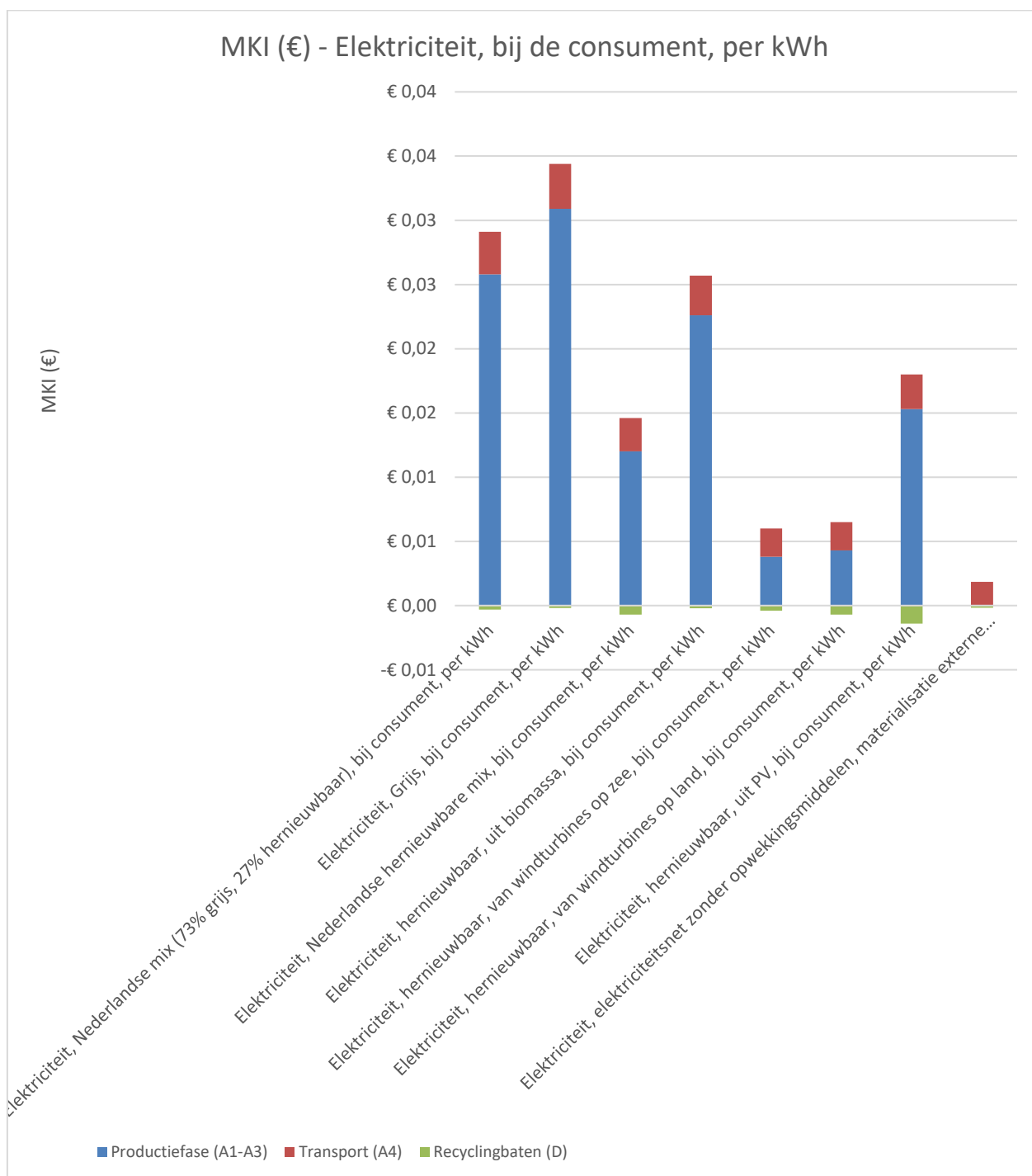


**Figuur 4.2**

Aardgas: bijdrage MKI binnen module A1-A3

### 4.3.2 Elektriciteit

In onderstaande figuur is de bijdrage per module weergegeven voor de verschillende varianten van elektriciteit. Voor alle vormen van elektriciteit vormt de productiefase A1-A3 de dominante bijdrage. Voor de verschillende vormen van hernieuwbare elektriciteit heeft A4 een relatief gezien groter aandeel. Dit komt doordat hetzelfde transmissie en distributienetwerk wordt gebruikt in A4 terwijl de milieulasten uit de productie lager zijn dan bij grijze elektriciteit.

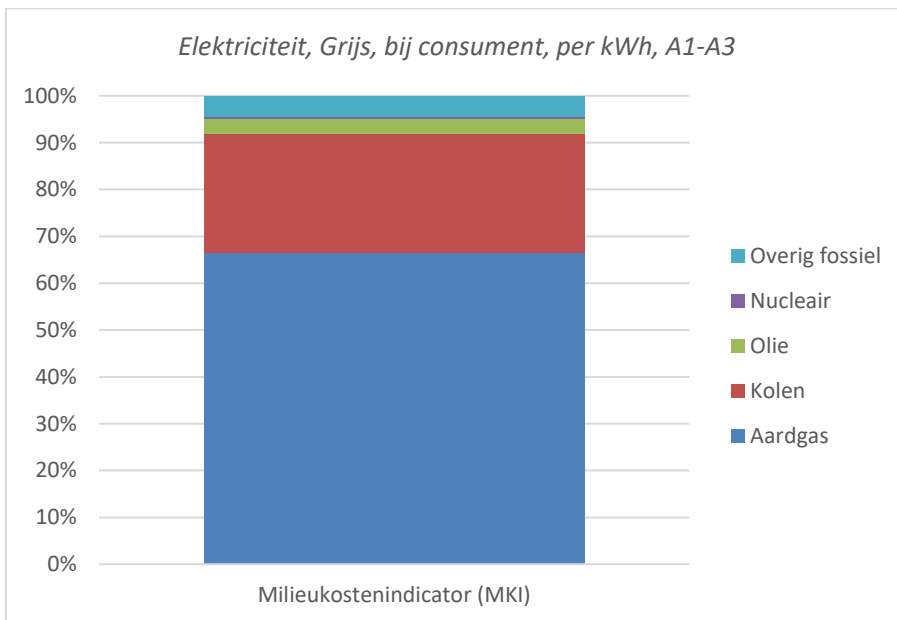


**Figuur 4.3**

MKI (€) Elektriciteit, per kWh

### MKI verdeling elektriciteit, grijs

Binnen A1-A3 zorgt elektriciteit uit aardgas en kolen voor ruim 90% van de MKI. Dit is in lijn met het aandeel aardgas en kolen in de grijze mix van 92%. Elektriciteit uit kolen maakt 11% uit van de elektriciteitsmix, maar is verantwoordelijk voor een aanzienlijk groter deel van de MKI. Dit komt doordat elektriciteit uit kolen een hogere MKI per kWh heeft dan elektriciteit uit gas.



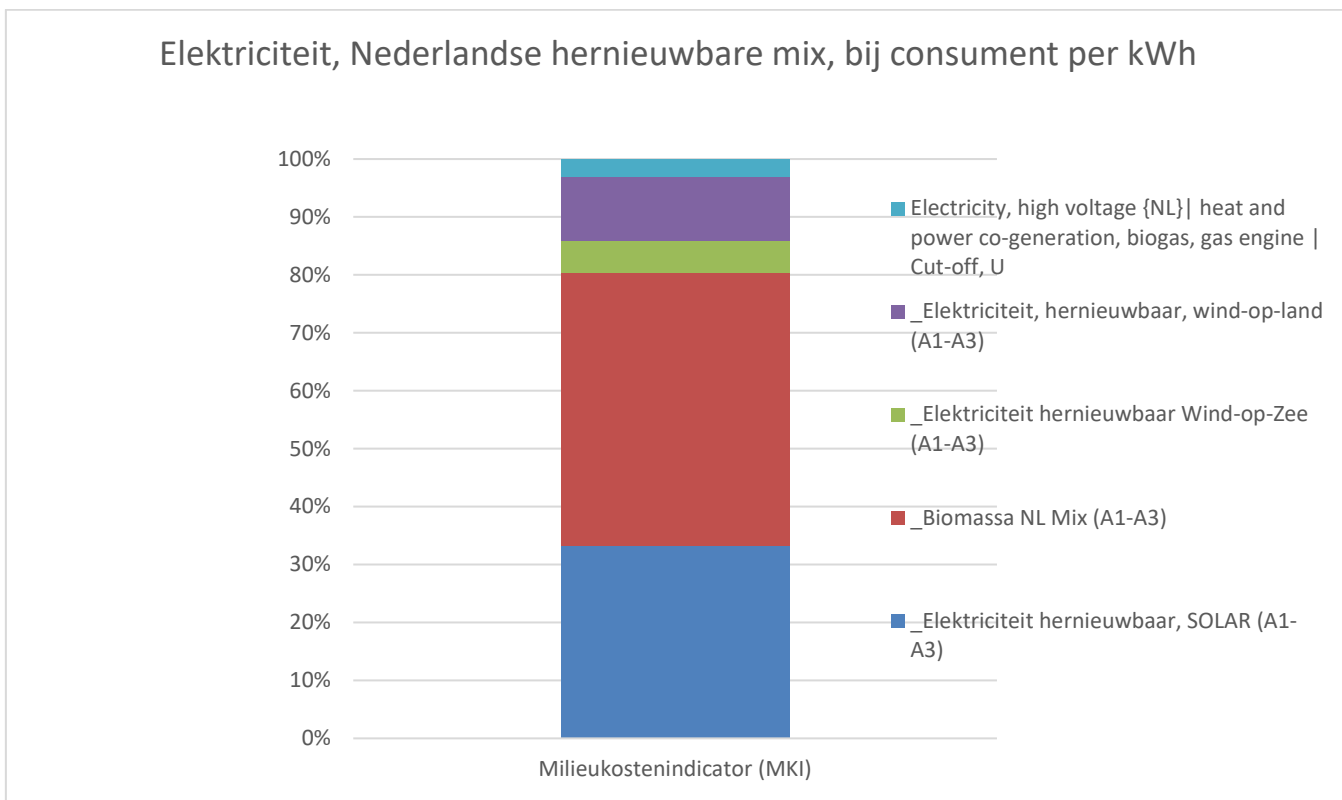
**Figuur 4.4**

Elektriciteit grijs, bijdrage MKI binnen module A1-A3

### MKI verdeling elektriciteit hernieuwbaar

Binnen A1-A3 komt met 47% het grootste deel van de MKI van biomassa. Dit terwijl biomassa slechts 25% uitmaakt van de hernieuwbare productiemix. Hernieuwbare elektriciteit uit biomassa heeft een relatief hoge MKI per kWh. Verder valt het op dat elektriciteit opgewekt met wind op land en op zee een relatief klein deel van de MKI uitmaken terwijl dit 48% uitmaakt van de hernieuwbare elektriciteitsmix.





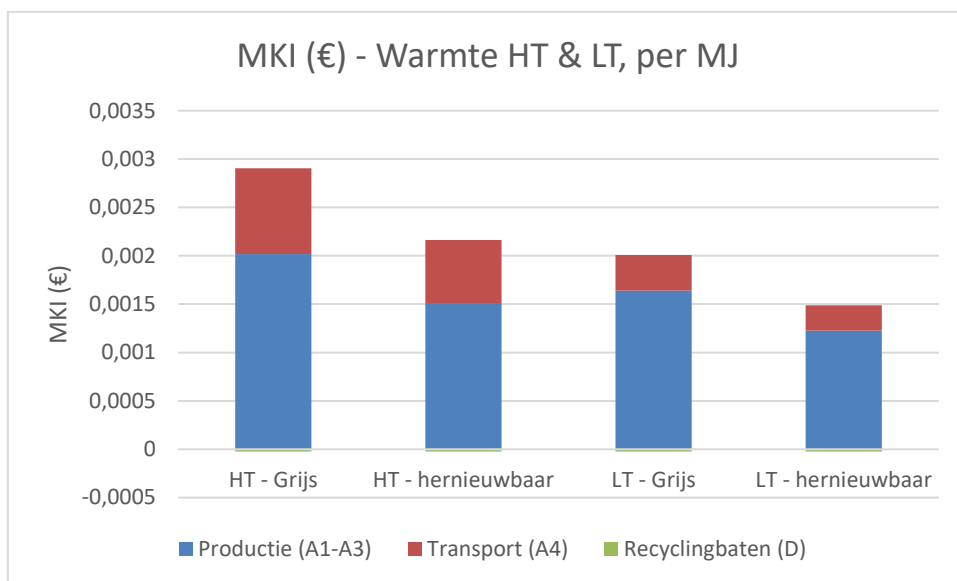
**Figuur 4.5**

Elektriciteit, Nederlandse hernieuwbare mix, bijdragen aan MKI binnen module A1-A3

### 4.3.3 Warmtelevering

In onderstaande figuur is de bijdrage van de MKI per module aan het totaal weergegeven van de verschillende typen warmtelevering. Naast dat productie van warmte binnen module A1-A3 binnen elke variant voor de grootste bijdrage zorgt, is dit ook binnen module A4 verantwoordelijk voor het grootste deel van de milieueffecten vanwege verliezen tijdens transport. Het verschil tussen verliezen bij HT (26,5%) en LT (11,4%) is daarbij duidelijk zichtbaar.

Dat de bijdrage van hernieuwbare productiebronnen aan de MKI bij zowel hoge als lage temperatuur aanzienlijk is, heeft vooral te maken met materiaalgebruik (via de indicator humane toxiciteit), minder met de brandstof.

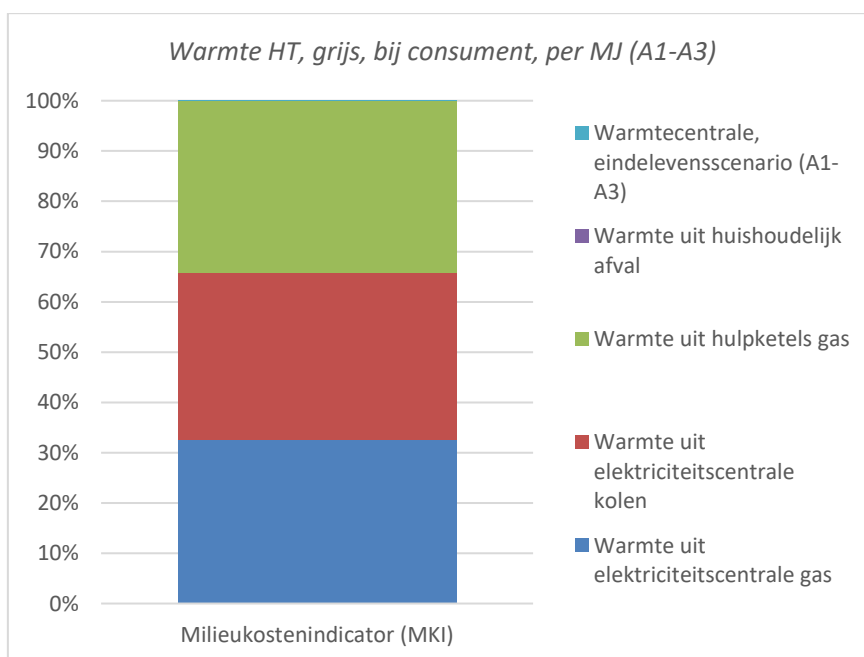


**Figuur 4.6**

Warmtelevering HT en LT, grijs en hernieuwbaar: bijdrage MKI per module aan totaal

De zwaartepunten binnen module A1-A3 zijn per type warmtelevering in de opvolgende vier figuren weergegeven.

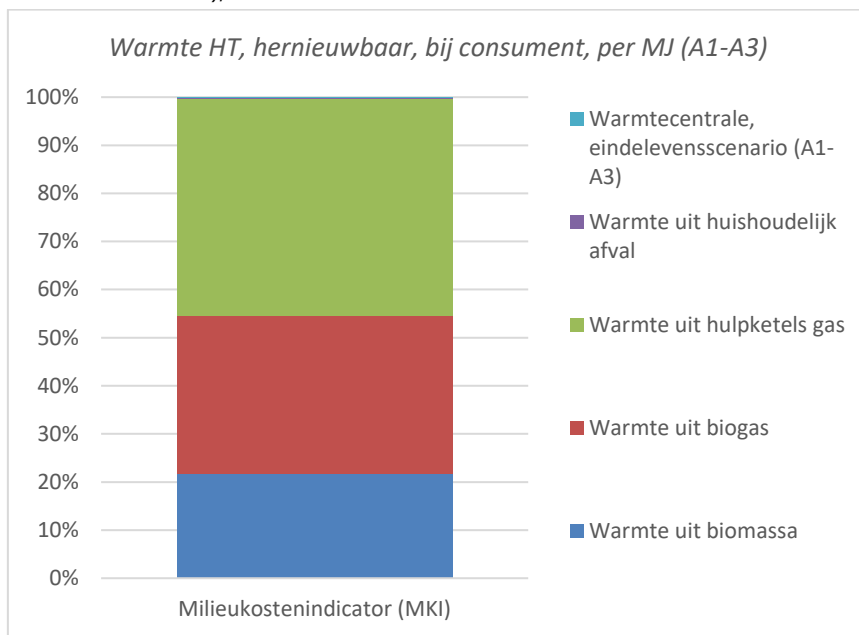
Bij de hoge temperatuur levering heeft warmte uit huishoudelijk afval een minimale impact, vanwege de vrij verkregen warmte uit afvalverbranding. Ook is de invloed van eindelevensduurprocessen van de infrastructuur zeer beperkt. Ook is te zien dat de invloed van warmteproductie in elektriciteitscentrales op kolen relatief hoog is, hier wordt in de gevoeligheidsanalyse verder bij stilgestaan.



**Figuur 4.7**

Warmtelevering, HT, grijs: bijdrage MKI binnen module A1-A3

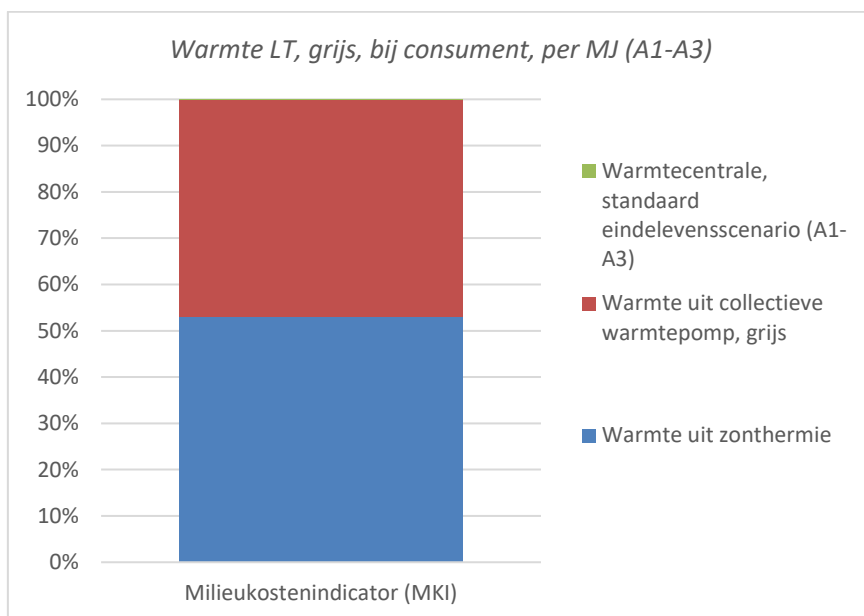
Bij hernieuwbare warmtelevering, HT, is de invloed van hulpketels gas relatief hoger dan bij grijs, doordat de bijdrage van de overige productiebronnen als geheel lager is (bijdrage hulpketels in productiemix is net als bij grijs 15%). Verder is er een verschil in bijdrage tussen warmte uit biogas en biomassa, hier wordt in de gevoeligheidsanalyse verder bij stilgestaan. Dat de bijdrage van biogas en biomassa aan de MKI aanzienlijk is, heeft vooral te maken met materiaalgebruik (via de indicator humane toxiciteit), minder met de brandstof.



**Figuur 4.8.**

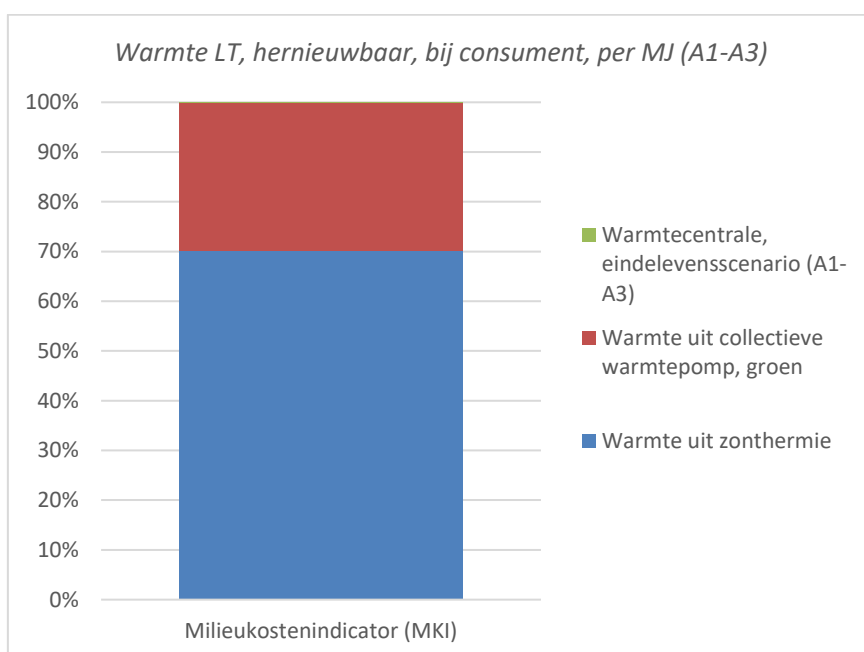
Warmtelevering, HT, hernieuwbaar: bijdrage MKI binnen module A1-A3

Bij lage temperatuurwarmte (zie figuur 4.9 en 4.10) wordt de milieuscore bepaald door opwekking van warmte middels warmtepomp en middels zonthermie. Deze worden beide voor 50% ingezet. Met grijze elektriciteit is de MKI van beide vrijwel gelijk, met hernieuwbare elektriciteit is de inzet van warmtepompen aanzienlijk lager.



**Figuur 4.9**

Warmtelevering, LT, grijs: bijdrage MKI binnen module A1-A3



**Figuur 4.10**

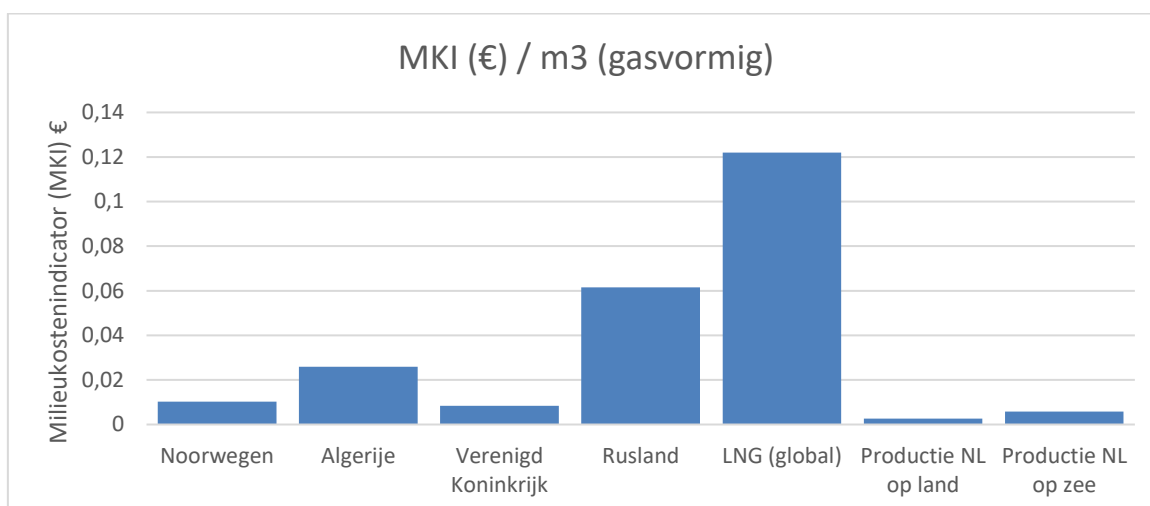
Warmtelevering, LT, hernieuwbaar: bijdrage MKI binnen module A1-A3

## 4.4 Gevoeligheidsanalyse

In de gevoeligheidsanalyse is de gevoeligheid van een aantal parameters op het resultaat van het milieuprofiel van de verschillende energiedragers geanalyseerd. Dit is gegroepeerd per type energiedrager: aardgas, elektriciteit en warmte. De analyse is alleen gedaan op de bijdrage aan de Milieukostenindicator (MKI).

### 4.4.1 Aardgas

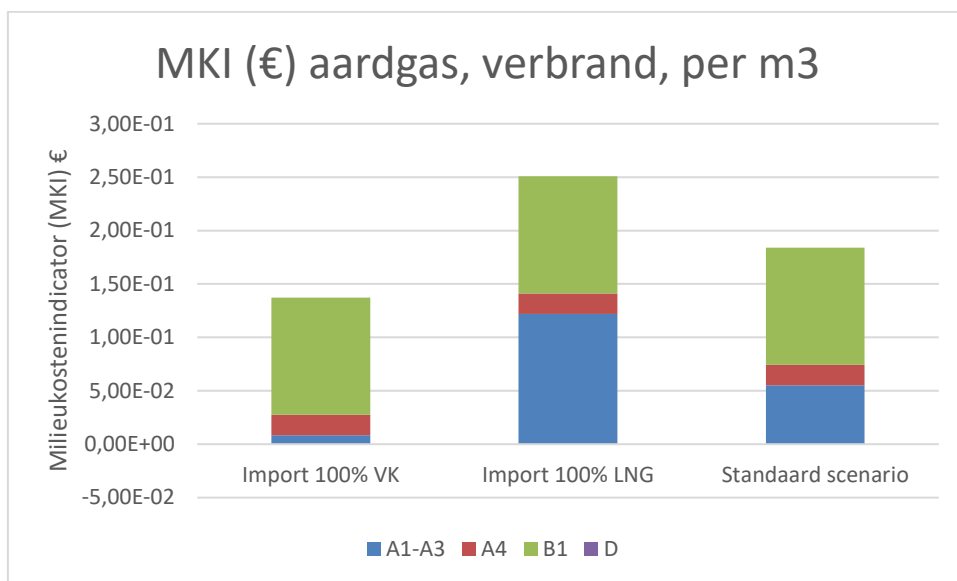
Bij aardgas is een gevoeligheidsanalyse op herkomst van het gas uitgevoerd. In onderstaande figuur is de MKI-waarde per bron gegeven. Daarbij blijkt dat import van aardgas een significant ongunstigere MKI heeft wanneer het verder weg wordt geproduceerd en naar Nederland moet worden getransporteerd. Daarnaast wordt de hoge MKI van LNG voornamelijk veroorzaakt door energie die benodigd is voor compressie, naast een iets hogere bijdrage voor (zee)transport.



**Figuur 4.11.**

Gaslevering - MKI per bron van herkomst

Uitgaande van een afname in productie in Nederland, is het met name interessant om naar de invloed van verschillende importscenario's te kijken. Daarbij zijn de MKI's van het meest gunstige (100% import uit VK) en ongunstige scenario (100% import LNG) berekend. Dit blijkt een zeer gevoelige parameter en wordt in het ongunstigste geval de MKI met 50% verhoogd.



**Figuur 4.12**

Gaslevering - MKI alternatieve scenario's import aardgas

#### *Effect van verschuivingen import 2022*

Met de recente grote verschuivingen binnen de import van aardgas naar LNG is uitgezocht welke invloed dit heeft op het milieuprofiel van aardgasproductie.

In Tabel 4.2 is de aardgasbalans van de jaren 2020, 2021 en de eerste twee kwartalen van 2022 nogmaals weergegeven, met de duidelijke stijging in import van LNG

**Tabel 4.2**

Aardgasbalans: winning en invoer in 2020, 2021 en Q1/Q2 2022

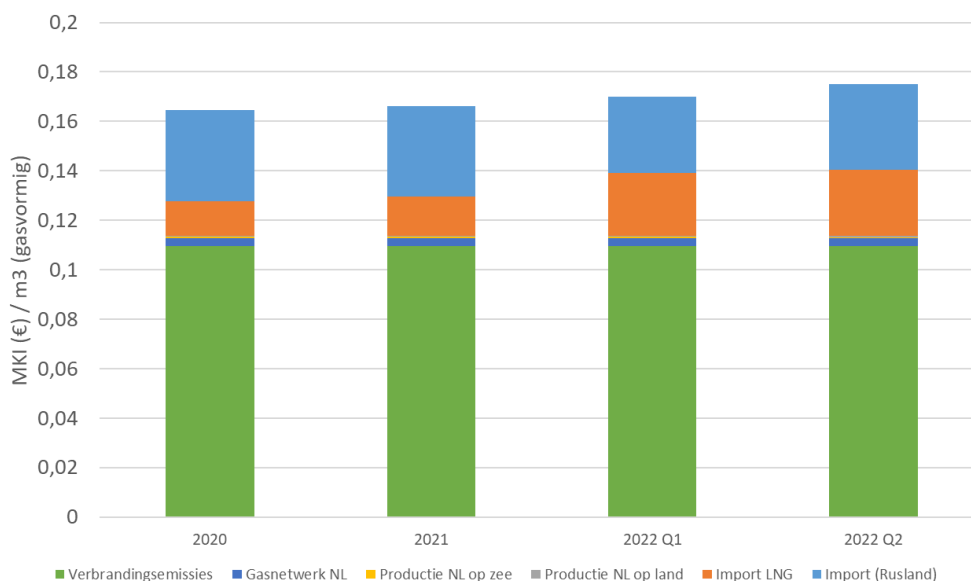
Aardgasbalans	2020	2021	2022 Q1	2022 Q2
Winning totaal (72% land, 28% zee)	29%	28%	29%	22%
Invoer gasvormig	60%	59%	50%	56%
Invoer lng	11%	13%	21%	22%

Uit: [Aardgasbalans; aanbod en verbruik](#) (CBS)

In figuur 4.13 is het effect van de toename in import van LNG op de totale MKI van de energiedrager aardgas weergegeven, voor 2021 en de eerste 2 kwartalen van 2022. De verschuiving van 2020 naar 2021 is beperkt, de toename van LNG-import in 2022 heeft een signifikanter effect op de MKI. Conclusies trekken over deze cijfers is echter lastig omdat het om een vergelijking tussen jaar- en kwartaalcijfers gaat. In de aanbevelingen is aangegeven dat een wijziging van 30% pas aanleiding geeft voor aanpassingen.

De gasvormige import is nog steeds gemodelleerd als zijnde import uit Rusland, een conservatief uitgangspunt.



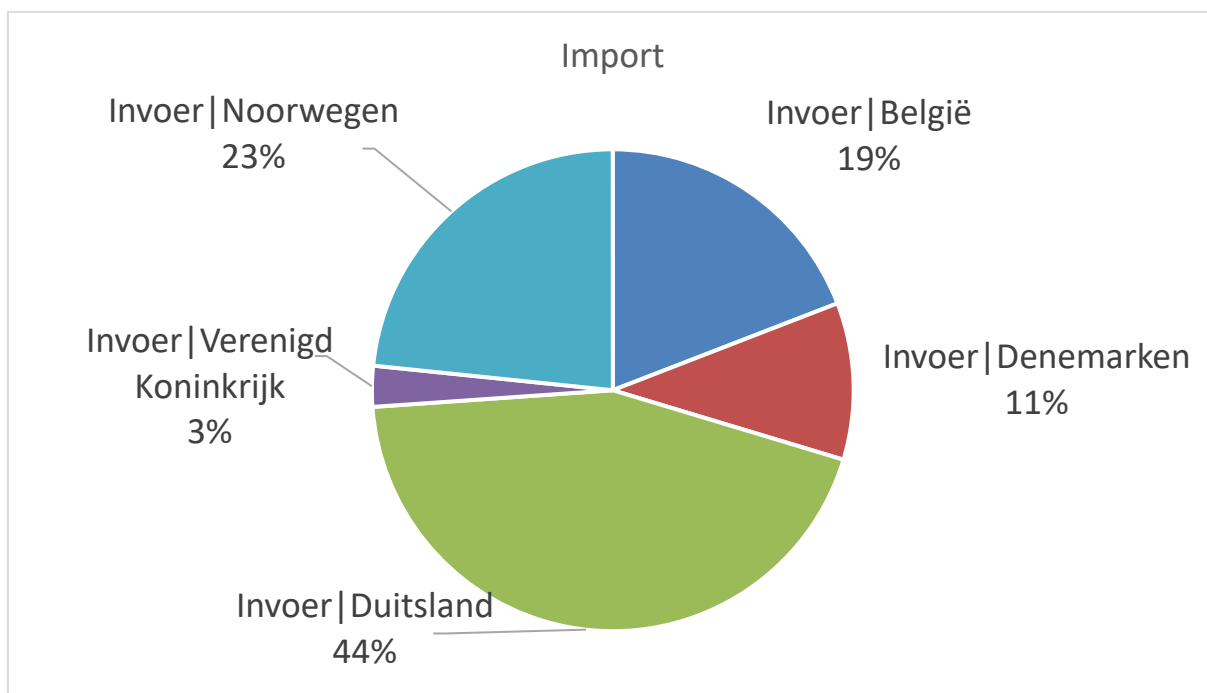


**Figuur 4.13**

MKI / m<sup>3</sup> gasvormig, per bron van herkomst (blauwe staven) en impact van gasnetwerk in NL en verbrandingsemissies

#### 4.4.2 Elektriciteit

De gevoeligheid op de Milieukostenindicator van elektriciteit is geanalyseerd aangaande de import en export van deze energiedrager. Van alle elektriciteit in Nederland werd er in 2020 14% (19.773 mln kWh) geïmporteerd. Daarnaast is 63% de Nederlandse grijze mix en 23% de Nederlandse hernieuwbare mix. In figuur 4.13 is de herkomst van de geïmporteerde elektriciteit te zien. In 2020 werd er 22.433 mln kWh geëxporteerd. Het is haast niet te achterhalen wat de oorsprong is van de geïmporteerde geëxporteerde elektriciteit. Dat Nederland 44% importeert uit Duitsland betekent bijvoorbeeld niet dat Nederland de Duitse landenmix importeert. Dit zou ook alleen elektriciteit uit kolen kunnen zijn, of juist hernieuwbare elektriciteit. Ditzelfde geldt voor export. Het is niet met zekerheid te zeggen dat Nederland haar gemiddelde mix exporteert. Het zou bijvoorbeeld kunnen dat er meer windenergie wordt geëxporteerd bij piekopwekkingen.



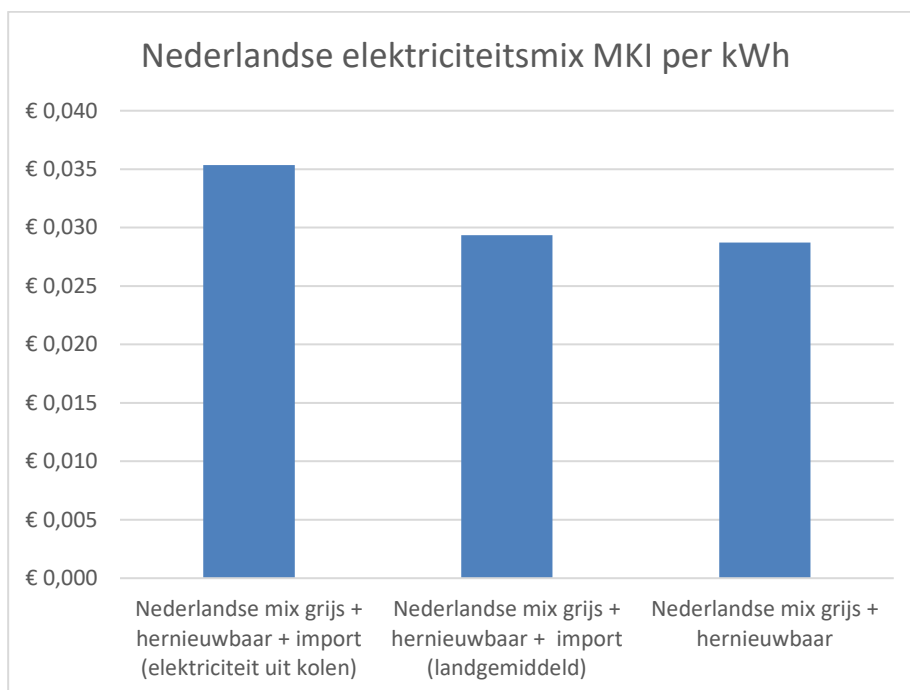
**Figuur 4.14**

Herkomst importmix Nederland

De gewogen landgemiddelde elektriciteitsmix van de import landen heeft een MKI van € 0,03 / kWh. Het is niet duidelijk of deze mix representatief is voor de daadwerkelijke import. In een conservatief scenario zou gesteld kunnen worden dat 100% van de geïmporteerde elektriciteit komt van kolen. Elektriciteit uit kolen heeft een MKI van MKI: €0.07 / kWh.

De Nederlandse landenmix bestaat uit 14% import, 23% hernieuwbare elektriciteit van Nederlandse opwekking en 63% grijze elektriciteit van Nederlandse opwekking. Voor het samenstellen van de Nederlandse elektriciteitsmix kan je ervoor kiezen om alleen te kijken naar de Nederlandse productie, de import te stellen op de gemiddelde landenmix, of de import conservatief te modelleren naar elektriciteit uit kolen. De gevolgen op de MKI van deze keuzes staan in figuur 4.15.

De Nederlandse mix (grijs + hernieuwbaar) is in milieu-impact vergelijkbaar met de landgemiddelde importmix. Indien import conservatief wordt gemodelleerd als kolen, dan beïnvloedt dit de MKI van de mix wel significant.



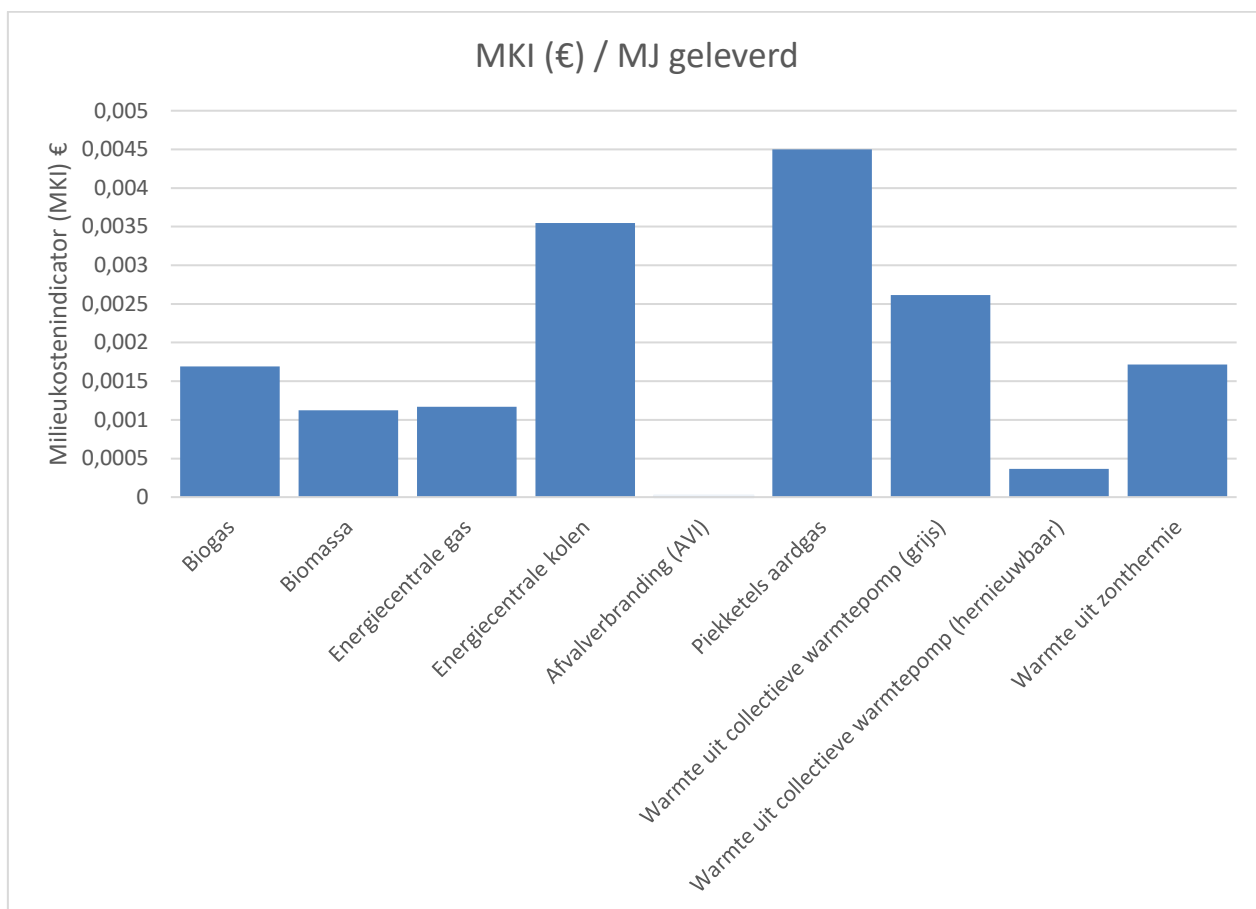
**Figuur 4.15**

Nederlandse elektriciteitsmix scenario's

#### 4.4.3 Warmtelevering

Bij warmtelevering is een gevoeligheidsanalyse op productiebronnen van warmte uitgevoerd. In onderstaande figuur is de MKI-waarde per bron gegeven. Daarbij blijkt bij hoge temperatuur dat met name het aandeel kolen en pieksetels aardgas een grote invloed hebben op de uiteindelijke score. Warmte uit afvalverbranding heeft een zeer lage impact, dit komt door de 'gratis' verkregen warmte uit afvalverbranding. Hierbij zijn slechts impacts van omzettingen in de energiecentrale meegenomen (alleen materiaalgebruik). Bij biomassa/biogas zit het verschil met name in het materiaalgebruik. Het achtergrondmodel gaat uit van een kleinschaligere centrale.

Bij lage temperatuur zit een grote gevoeligheid op de oorsprong van elektriciteit voor warmte uit collectieve warmtepompen.

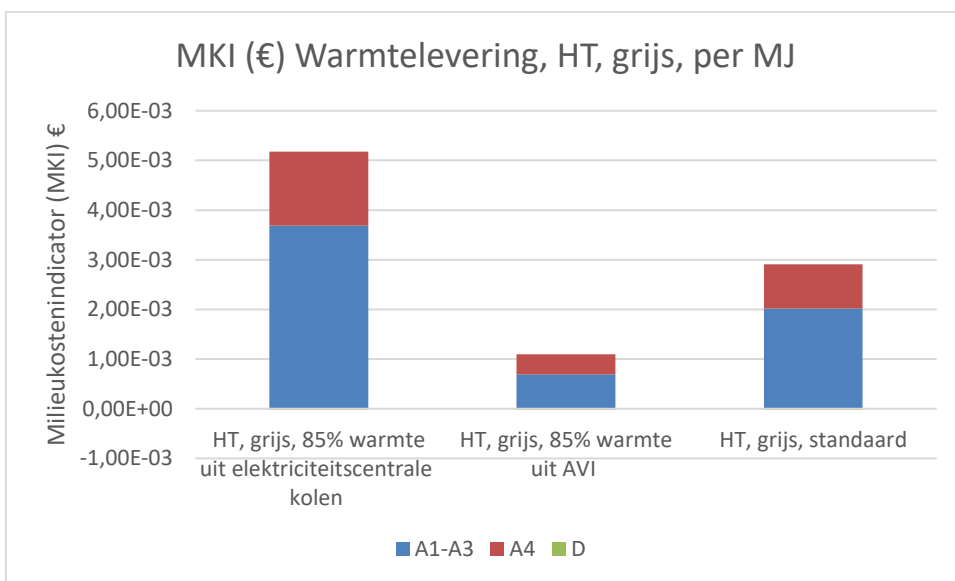


**Figuur 4.16**

Warmtelevering - MKI per bron van herkomst, Productiebronnen warmte hoge en lage temperatuur

Bij warmtelevering is het met name interessant om naar de invloed van gemaakte aannames te kijken. Bij grijze warmte op hoge temperatuur is dit het aandeel warmte uit elektriciteitscentrales kolen relatief klein (standaard 25% procent van totale warmte uit elektriciteitscentrales). Bij een individueel warmtenet kan dit aandeel echter veel hoger liggen, maar omgekeerd kan ook een veel groter aandeel van warmte uit AVI afkomstig zijn. Dit is onderzocht met twee alternatieve scenario's (85% warmte uit elektriciteitscentrale kolen en 85% uit AVI) en in onderstaande figuur weergegeven. Bij beide scenario's is 15% opwekking vanuit hulpketels aangehouden.

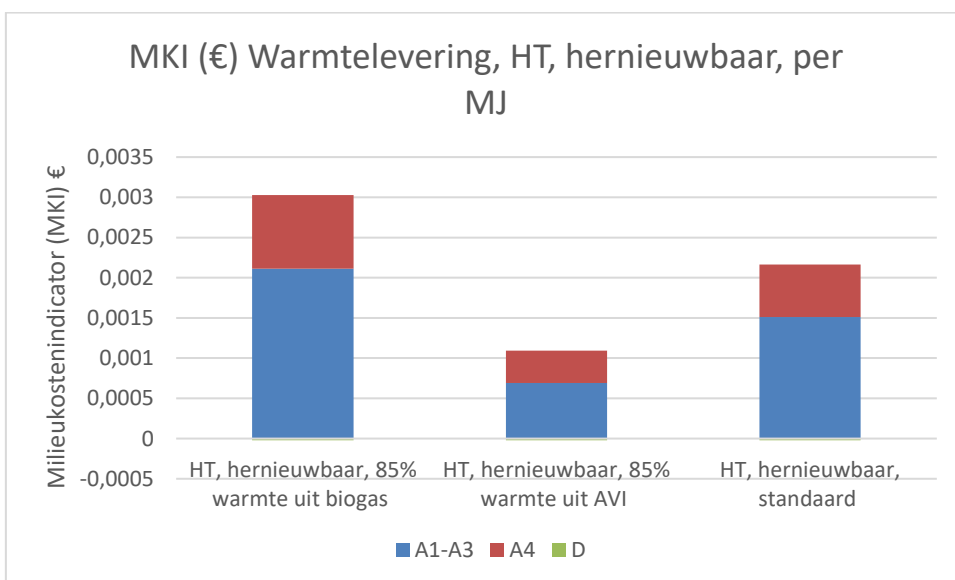
Daarbij blijkt dat de productiebron van zeer grote invloed kan zijn, tot een factor 5 verschil tussen beide scenario's.



**Figuur 4.17**

Warmtelevering HT grijs - MKI alternatieve scenario's kolen en AVI

Bij hernieuwbare warmte op hoge temperatuur is de gevoeligheid van de verhouding tussen warmte uit biomassa en biogas (standaard scenario 50%/50%) onderzocht, waarbij ook weer het aandeel van de hulpketel op 15% is gehouden. Hier blijkt de invloed van deze aanname in de productiemix ook behoorlijk, zoals eerder benoemd met name veroorzaakt door een relatief hoog materiaalgebruik voor warmte uit biogascentrales.

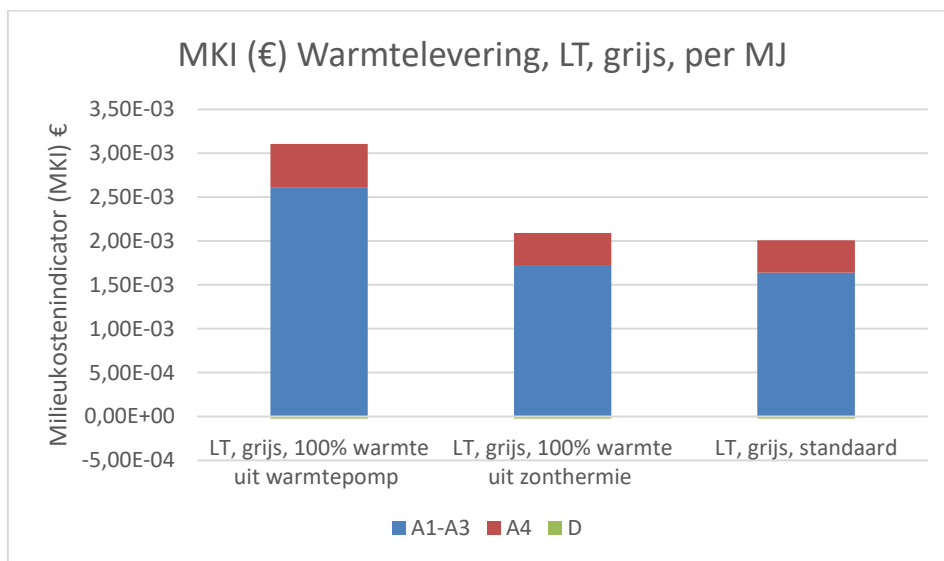


**Figuur 4.18**

Warmtelevering HT hernieuwbaar - MKI alternatieve scenario's biomassa/biogas

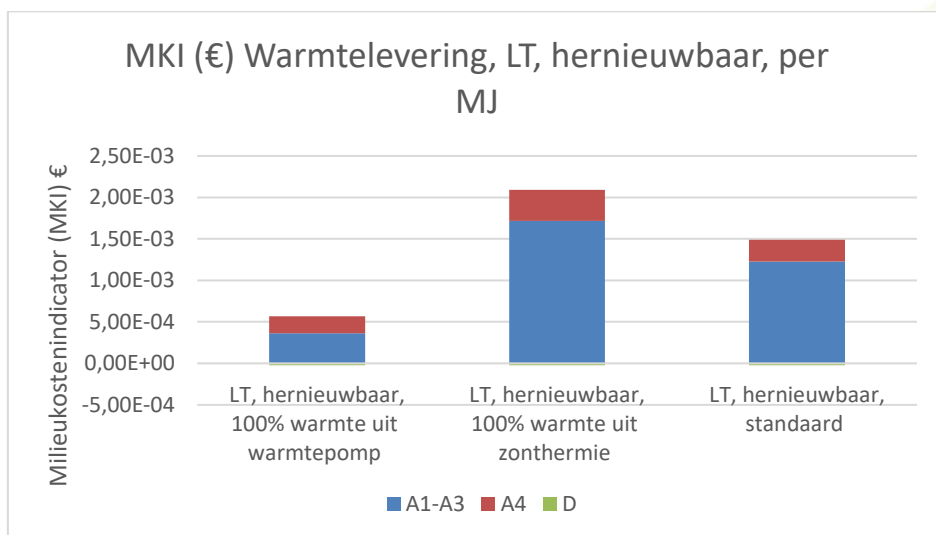
Bij warmte op lage temperatuur is de gevoeligheid van de verhouding tussen warmte uit zonthermie en collectieve warmtepomp onderzocht in alternatieve scenario's waarbij opwekking volledig met een van beide bronnen wordt verzorgd (niet realistisch in het geval van zonthermie). In onderstaande figuren zijn de resultaten voor twee alternatieve scenario's weergegeven, zowel bij warmtelevering LT grijs als hernieuwbaar.

Hier blijkt de invloed van de aangenomen verhouding in de productiemix ook behoorlijk, zoals eerder benoemd met name veroorzaakt door de bijdrage van elektriciteit in opwekking van warmte met warmtepompen.



**Figuur 4.19**

Warmtelevering LT grijs - MKI alternatieve scenario's warmtepomp/zonthermie



**Figuur 4.20**

Warmtelevering LT hernieuwbaar - MKI alternatieve scenario's warmtepomp/zonthermie

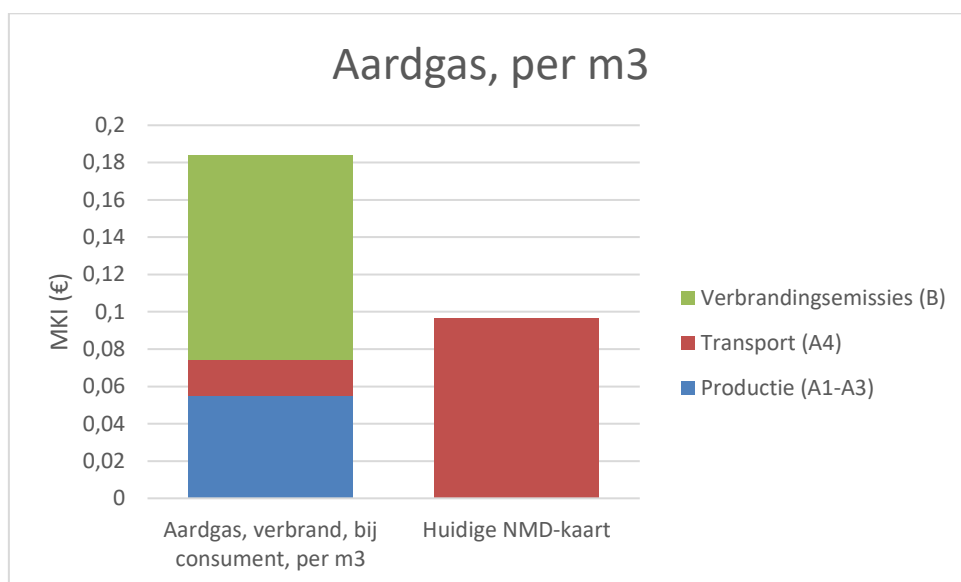


## 4.5 Vergelijking met huidige productkaarten energiedragers in de NMD

In deze sectie is een vergelijking tussen de MKI-score van de nieuwe productkaarten en bestaande productkaarten in de NMD. Hierbij zijn ook de productkaarten voor materialisatie externe levering meegenomen.

### 4.5.1 Aardgas

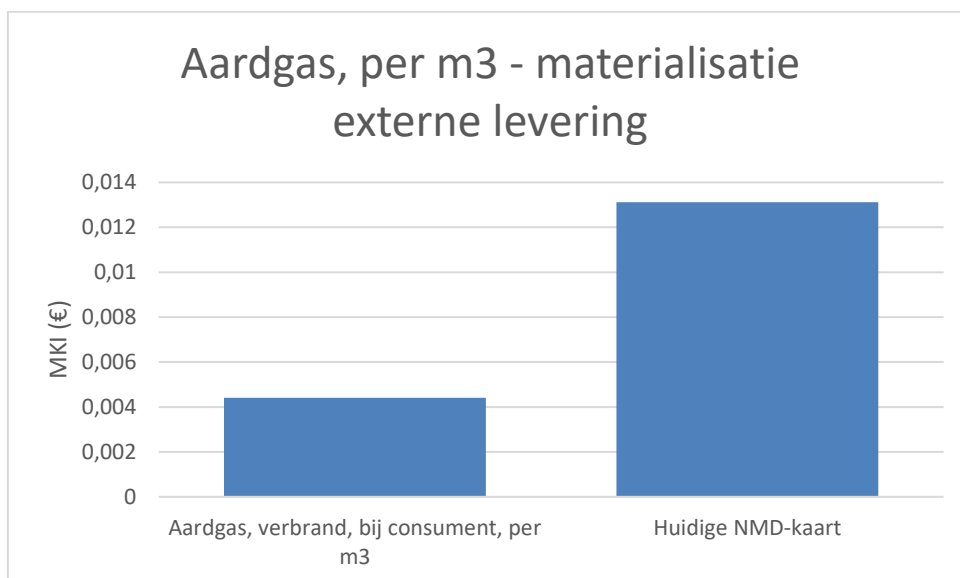
Bij aardgas is de bestaande productkaart *0111-pro&Aardgas, algemeen gebruik, per m3 (o.b.v. 31,7 MJ Heat, district or industrial, natural gas {RER}| market group for | Cut-off, U)*. In vergelijking met deze bestaande kaart gaat de MKI behoorlijk omhoog. Dit komt met name door de achterliggende productiemix, deze is in de nieuwe kaart veel meer gericht op import (vanuit Rusland). Ook is de impact van verbranding hoger, dit komt omdat er in de nieuwe productkaart een kleinschaliger verbrandingsproces als achtergrondmodel is toegepast. Dit is representatiever met betrekking tot kleinere installaties in de gebouwde omgeving.



**Figuur 4.21**

Vergelijking nieuwe en huidige productkaart NMD - aardgas

Bij aardgas is de bestaande productkaart voor materialisatie externe levering *0090-fab&Materialisatie gaslevering, distributie tot aan huis; per m3 geleverd*. In vergelijking met deze bestaande kaart gaat de MKI behoorlijk omlaag. Dit komt met name door 'vervuiling' in de bestaande kaart, met name dubbeltelling van processen en zaken die niet binnen de scope van materialisatie externe levering vallen, zoals verliezen tijdens transport.

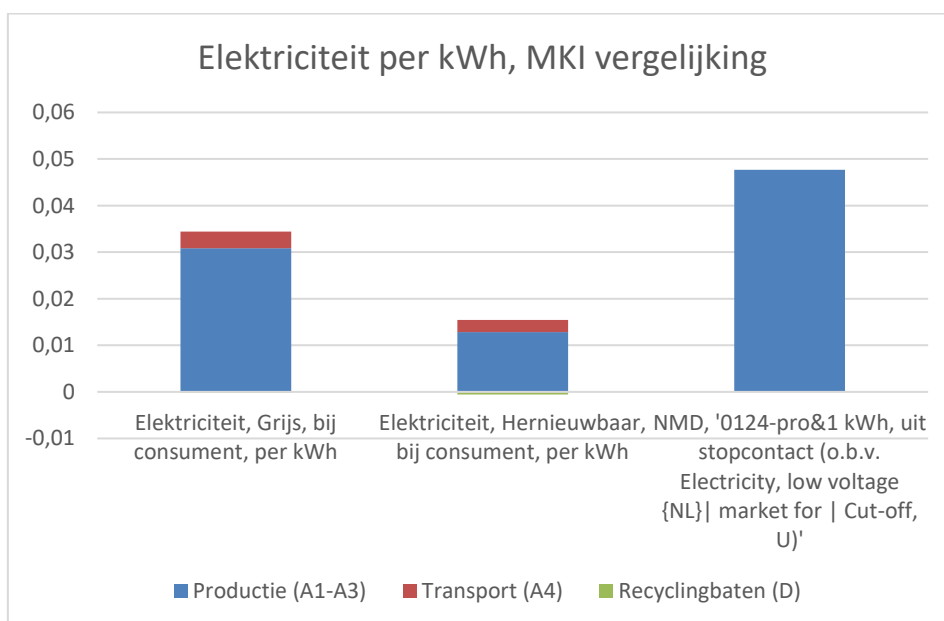


**Figuur 4.22**

Vergelijking nieuwe en huidige productkaart NMD - aardgas materialisatie externe levering

#### 4.5.2 Elektriciteit

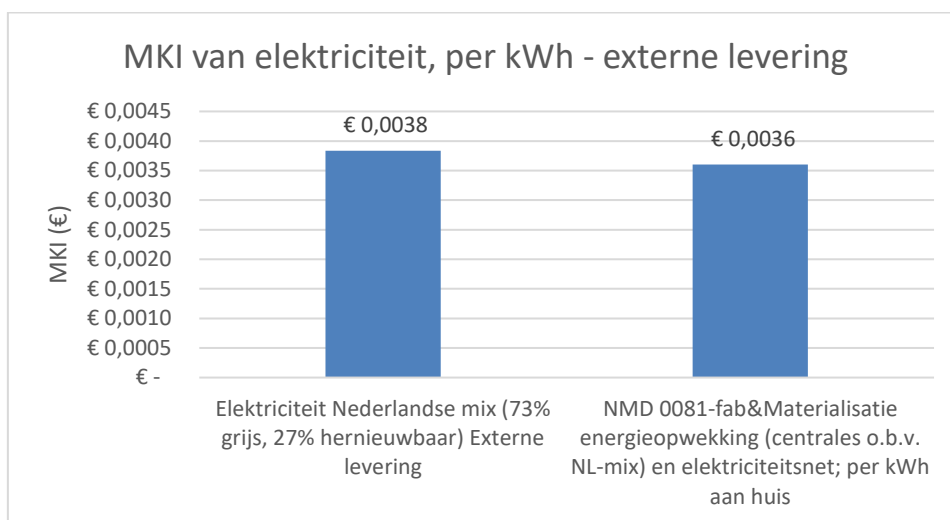
Voor Elektriciteit wordt in de NMD op dit moment de productkaart '0124-pro&1 kWh, uit stopcontact (o.b.v. Electricity, low voltage {NL}| market for | Cut-off, U)' gebruikt. Deze productkaart gaat over de Nederlandse landenmix. De bestaande productkaart heeft een hogere MKI dan de nieuwe grijze en hernieuwbare productkaarten. Deze hogere MKI komt onder andere door een groter aandeel kolen in de energiemix van de bestaande kaart ten opzichte van de nieuwe kaart voor grijze elektriciteit.



**Figuur 4.23**

Vergelijking nieuwe en huidige productkaart NMD - elektriciteit

Bij elektriciteit is de huidige productkaart voor materialisatie externe levering '0081-fab&Materialisatie energieopwekking (centrales o.b.v. NL-mix) en elektriciteitsnet; per kWh aan huis'. Deze productkaart heeft met een MKI van € 0,0036 per kWh een iets lager milieuprofiel dan de nieuwe productkaart met € 0,0037 per kWh. De nieuwe productkaart voor materialisatie externe levering is opgebouwd uit de netto Nederlandse productiemix. Hierbij is 73% van de materialisatie externe leveringsmix grijs gecombineerd met 27% van de materialisatie externe leveringsmix hernieuwbaar. Materialisatie externe levering is bij de hernieuwbare elektriciteitsmix significant hoger. Met het jaarlijks stijgende aandeel hernieuwbare elektriciteit in de Nederlandse productiemix wordt ook de gemiddelde materialisatie externe levering hoger.



**Figuur 4.24**

Vergelijking nieuwe en huidige productkaart NMD - elektriciteit materialisatie externe levering

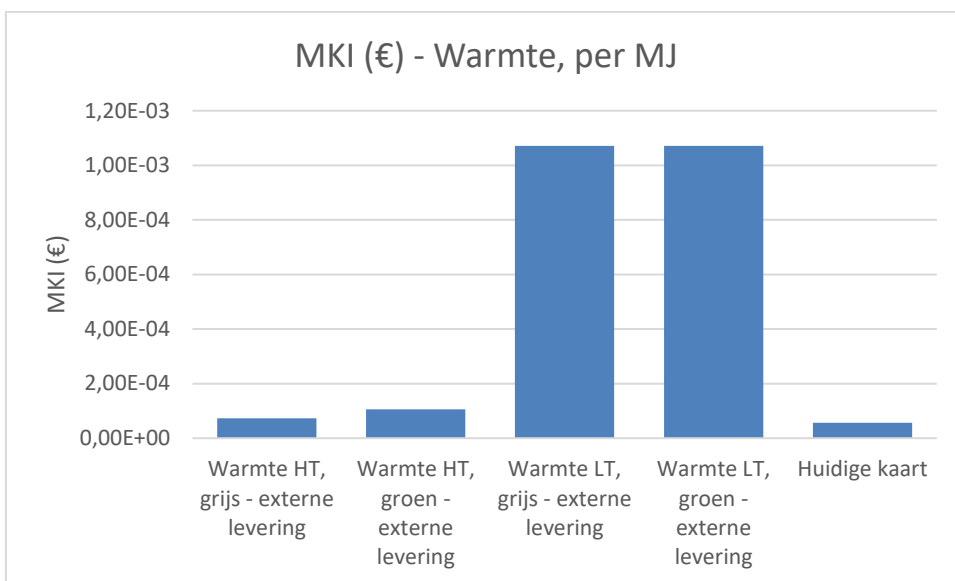
### 4.5.3 Warmtelevering

Bij warmtelevering bestaat er geen huidige productkaart in de NMD, alleen voor materialisatie externe levering. Daarbij zijn er in de nieuwe situatie vier productkaarten om uit te kiezen, afhankelijk van de configuratie van het warmtenet.

Bij warmtelevering is de bestaande productkaart voor materialisatie externe levering 0079-fab&Materialisatie warmteopwekking stad/regio, inclusief distributie tot aan huis; per MJ geleverd. In vergelijking met deze bestaande kaart gaat de MKI in de nieuwe situatie in alle gevallen omhoog. Bij hoge temperatuur gaat dit om kleine toenames, met name door een verhoging van materiaalgebruik.

Bij lage temperatuur warmtenetten is de bijdrage van infrastructuur relatief hoog, vanwege de kleine schaal van de installaties in de achtergrondmodellen. Dit is ook representatief voor de huidige werkelijkheid, warmtenetten op lage temperatuur zijn nu nog meestal zeer kleinschalig.

In de toekomst zal de bijdrage van infrastructuur wellicht lager worden bij schaalvergroting, de productkaart moet dan ook opnieuw bekeken worden.



**Figuur 4.25**

Vergelijking nieuwe en huidige productkaart NMD - warmte materialisatie externe levering

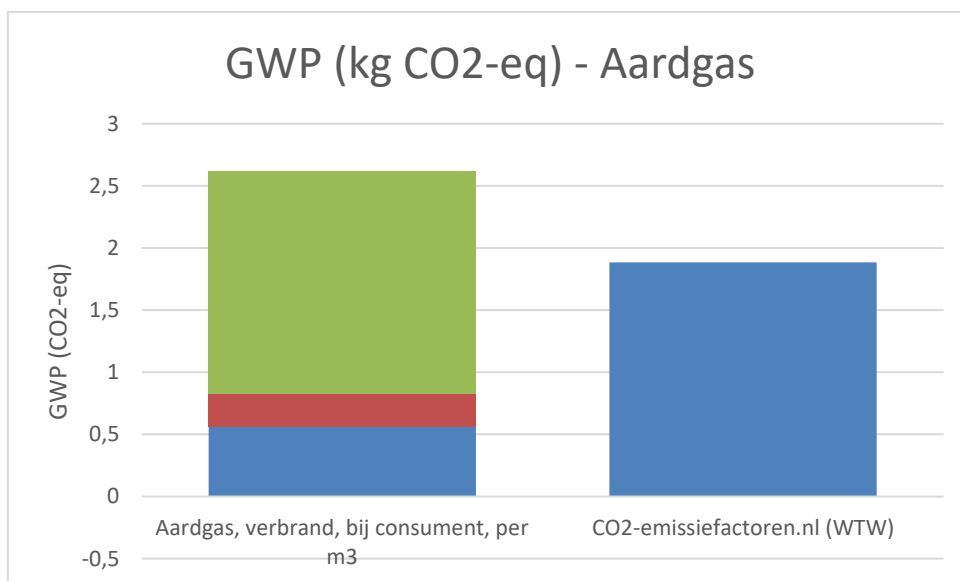
## 4.6 Vergelijking GWP-factoren met CO<sub>2</sub>-emissiefactoren.nl

In deze paragraaf is een vergelijking tussen de GWP-score in CO<sub>2</sub>-equivalenten gemaakt van de nieuwe productkaarten en factoren die zijn gepubliceerd op CO<sub>2</sub>-emissiefactoren.nl (peildatum 25 november 2021). De vergelijking is op basis van de Well-To-Wheel (WTW) cijfers van CO<sub>2</sub>-emissiefactoren.nl. De GWP gegevens van de nieuwe productkaarten komen van effectcategorie set 1 '004. global warming (GWP), kg CO<sub>2</sub> eq'.

### 4.6.1 Aardgas

Bij aardgas is een specifieke factor beschikbaar bij CO<sub>2</sub>-emissiefactoren.nl. De GWP-indicator geeft een aanzienlijk hogere score weer bij de nieuwe berekening.

Zonder uitgebreide studie naar de achterliggende berekeningen van CO<sub>2</sub>-emissiefactoren.nl is het lastig met zekerheid te zeggen waar het verschil vandaan komt. Het is echter waarschijnlijk dat bij de factor van CO<sub>2</sub>-emissiefactoren.nl van een groter aandeel van Nederlandse productie in de aardgasmix is uitgegaan. Mogelijk is ook voor verbranding van een grotere installatie uitgegaan, aangezien de impact van verbranding bij de nieuwe berekening zelfs al hoger is dan de totale waarde van de referentie.

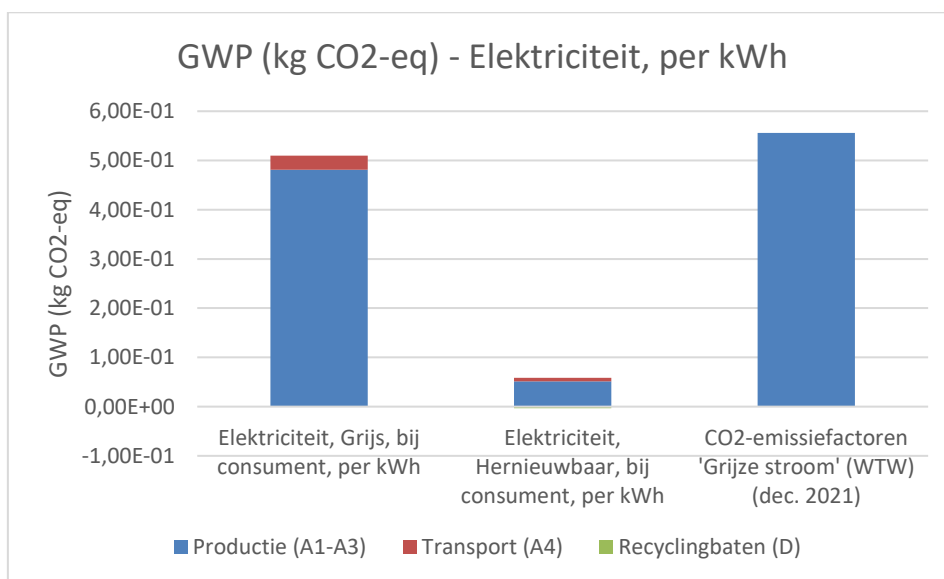


**Figuur 4.26**

GWP aardgas - vergelijking CO<sub>2</sub>-emissiefactoren

#### 4.6.2 Elektriciteit

Voor grijze elektriciteit is er een factor beschikbaar op CO<sub>2</sub>-emissiefactoren.nl. Voor hernieuwbare elektriciteit is de GWP van CO<sub>2</sub>-emissiefactoren beleidsmatig op 0 gesteld. De nieuwe productkaart voor grijze elektriciteit heeft een GWP van 0,509 kg CO<sub>2</sub>-eq per kWh. Dit is in de buurt van de waarde voor Grijze Stroom (WTW) van CO<sub>2</sub>-emissiefactoren met 0,556 kg CO<sub>2</sub>-eq per kWh (waarde van december 2021). Dit verschil is waarschijnlijk te verklaren doordat de nieuwe productkaarten zijn gebaseerd op actuelere data.

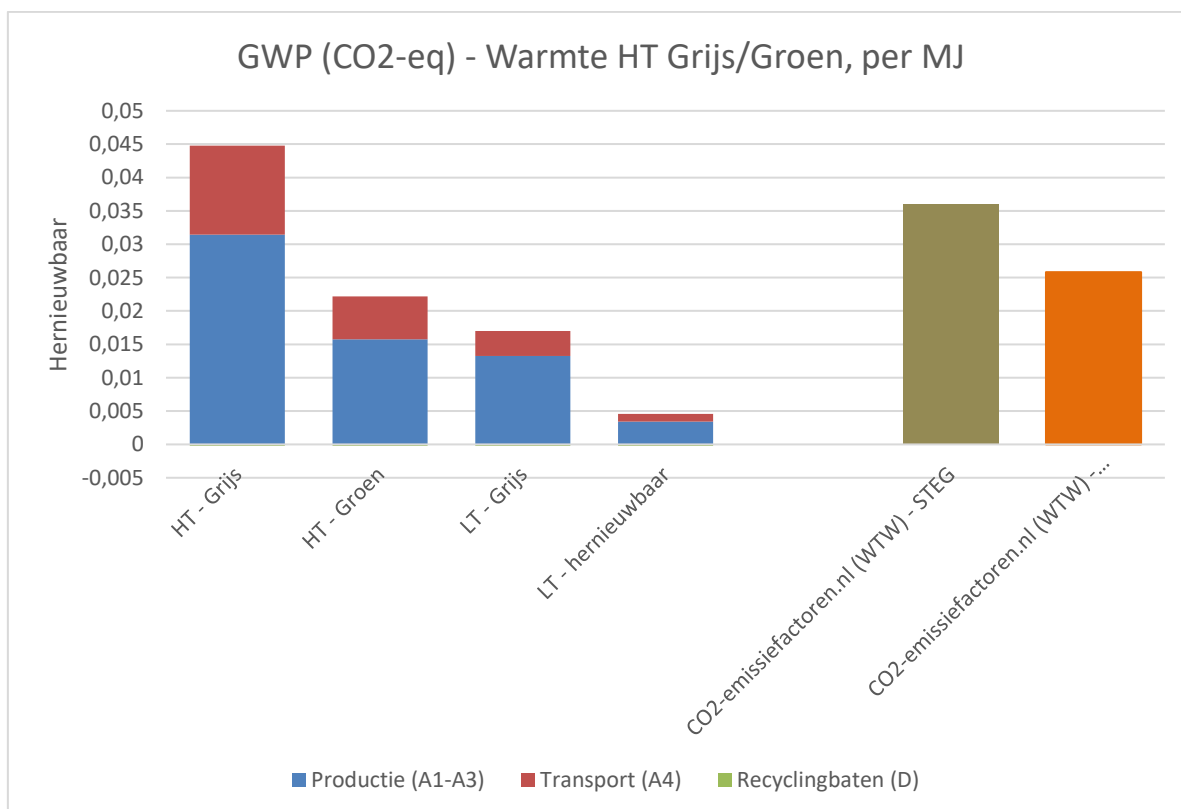


**Figuur 4.27**

GWP elektriciteit - vergelijking CO<sub>2</sub>-emissiefactoren

#### 4.6.3 Warmtelevering

Bij warmtelevering zijn geen specifieke factoren beschikbaar voor een productiemix. Echter zijn er wel verschillende bronnen beschikbaar, waarvan de STEG (warmte uit SToom En Gascentrale) en warmte uit houtige biomassa (pellets) is opgenomen te vergelijking. Daarbij is te zien dat de STEG en biomassa enigszins vergelijkbaar is met de warmtelevering HT grijs en HT hernieuwbaar. De warmtelevering op lage temperatuur laat zich lastig vergelijken, daarvoor zijn geen referentiewaarden beschikbaar op CO<sub>2</sub>-emissiefactoren.nl



**Figuur 4.28**

GWP Warmtelevering HT en LT, grijs en hernieuwbaar - vergelijking CO<sub>2</sub>-emissiefactoren

#### 4.7 Analyse invloed nieuwe productkaarten op MPG-berekeningen

De invloed van de nieuwe productkaarten op de hoogte van de MPG-berekeningen is onderzocht. Daarbij is gekeken naar twee type referentiegebouwen uit de BENG-systematiek:

- Woonhuis Woning, tussen, small (hellend dak), oppervlakte
- Kantoor Kantoorgebouw M

Daarbij is gekeken naar zowel de invloed van het toevoegen van energiegebruik uit de gebruiksfase (toevoegen module B6 uit de Bepalingsmethode) als de invloed van verandering in de productkaarten van materialisatie externe levering.

De vergelijking is gemaakt met de MPG-berekening van referentiegebouwen op basis van NMD versie 3.0. Dit levert enige discrepantie op, omdat de nieuwe productkaarten zijn berekend met NMD-versie 3.4. De uitkomsten moeten daarom als richtinggevend worden geschouwd, met enige onzekerheid.

In onderstaande tabel is de invloed op de MPG weergegeven van toevoegen van energiegebruik in de gebruiksfase van een gebouw, de MEPG. Daarbij is gekeken naar de forfaitaire waarden die zijn opgegeven bij de BENG-referentiegebouwen, dit omvat slechts het *gebouwgebonden* verbruik.

Hierbij is voor alle typen als verwacht een flinke stijging te zien. Bij hernieuwbaar wordt deze stijging echter fors beperkt. Bij deze twee typen gebouwen betekent toevoegen van deze impacts nog geen verdubbeling van de MPG-score.

**Tabel 4.3**

Invloed toevoegen gebouwgebonden energieverbruik in gebruiksfase (B6) op MPG (forfaitaire waarden BENG-referentiegebouwen)

Type referentiegebouw	Forfaitair verbruik in de MPG			Huidige MPG	Stijging MPG tgv verbruik	
	Netstroom (kWh)	warmte (MJ)	gas (m3)		Grijs	Hernieuwbaar
1.01 Woning, tussen, small (hellend dak) - electric	1614,1			0,49	70%	27%
1.02 Woning, tussen, small (hellend dak) - warmte		14202		0,57	46%	33%
1.03 Woning, tussen, small (hellend dak) - gas			496	0,7	83%	
8.01 Kantoorgebouw M - electric	41475			0,91	29%	11%
8.02 Kantoorgebouw M - warmte	13848,9	183157		0,96	19%	11%
8.03 Kantoorgebouw M - gas	33370		8844	0,99	52%	

Het is naast gebouwgebonden verbruik ook interessant om naar de waarden voor verbruik te kijken inclusief het *verbruikersafhankelijke* deel. Dit is gedaan op basis van cijfers van Nibud (elektriciteit en gas voor huishoudens), Eneco (warmtelevering voor huishoudens) en Milieubarometer (cijfers elektriciteit en gas bij kantoren). Voor all-electric en warmtelevering aan kantoren zijn geen geschikte kentallen gevonden.

Daaruit blijkt dat de totale invloed van energiegebruik tijdens de gebruiksfase van een gebouw een stuk groter is wanneer je ook de gebruikersinvloed meeneemt. Dat levert in veel gevallen minstens een verdubbeling op van de oorspronkelijk MPG-score.

**Tabel 4.4**

Invloed toevoegen gebruikers energieverbruik in gebruiksfase (B6) op MPG (gemiddelde gebruikscijfers)

Type referentiegebouw	Forfaitair verbruik in de MPG			Huidige MPG	Stijging MPG tgv verbruik	
	Netstroom (kWh)	warmte (MJ)	gas (m3)		Grijs	Hernieuwbaar
1.01 Woning, tussen, small (hellend dak) - electric	2730			0,49	123%	50%
1.02 Woning, tussen, small (hellend dak) - warmte		42000		0,57	142%	105%



1.03 Woning, tussen, small (hellend dak) - gas			1190	0,7	207%	
8.03 Kantoorgebouw M - gas	425700		27225	0,99	393%	

#### 4.7.1 Impact op MPG materialisatie externe levering

Vervolgens is gekeken naar het effect van de nieuwe MKI-waarden van materialisatie externe levering. Daarbij is bij elektriciteit naast de grijze en hernieuwbaar variant ook de mix tussen grijs en hernieuwbaar weergegeven (73% grijs, 27% hernieuwbaar). Deze is aan de NMD voorgedragen als nieuwe kaart voor materialisatie externe levering bij elektriciteit, maar het is interessant om ook de opgesplitste kaarttypen te beschouwen.

Uit onderstaande tabel blijkt dat bij forfaitair (gebouwgebonden) energiegebruik de bijdrage van materialisatie externe levering in de meeste gevallen stijgt. Bij hernieuwbare varianten stijgt in alle gevallen de materialisatie externe levering. Dit heeft voornamelijk te maken met relatief hoger materiaalgebruik per eenheid energieopwekking.

Voor elektriciteit is te zien dat bij toepassing van productkaarten van materialisatie externe levering voor grijs een verlaging betekent, wanneer de gecombineerde productkaart mix grijs/hernieuwbaar wordt toegepast is een kleine stijging zichtbaar. Alleen bij het kantoorgebouw met aardgas (met behoorlijk aandeel elektriciteit) is nog steeds een kleine netto daling zichtbaar door de lagere waarde van materialisatie externe levering van aardgas.

De totale impact op de MPG is zeer beperkt en vormt geen belemmering om de verbeterde kaarten voor materialisatie externe levering te implementeren als productkaarten in de NMD.

**Tabel 4.5**

Invloed nieuwe waarden materialisatie externe levering op MPG (forfaitaire waarden BENG-referentiegebouwen)

Type referentiegebouw	Forfaitair verbruik in de MPG			Huidige MPG	Stijging MPG-waarde		
	Netstroom (kWh)	warmte (MJ)	gas (m3)		Grijs	Hernieuwbaar	Mix grijs/hernieuwbaar Elektriciteit
1.01 Woning, tussen, small (hellend dak) - electric	1614,1			0,49	- 3,4%	12%	0,8%
1.02 Woning, tussen, small (hellend dak) - warmte		14202		0,57	0,2%	1,1%	
1.03 Woning, tussen, small (hellend dak) - gas			496	0,7	- 4,2%		
8.01 Kantoorgebouw M - electric	41475			0,91	- 1,4%	4,9%	0,3%
8.02 Kantoorgebouw M - warmte	13848,9	183157		0,96	- 0,7%	1,5%	0,1%
8.03 Kantoorgebouw M - gas	33370		8844	0,99	- 2,2%		-1,3%

## 5 Aanbevelingen

### 5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zijn de aanbevelingen en aandachtspunten vanuit het onderzoek opgenomen. Deze zijn tot stand gekomen uit enerzijds input (vragen & aandachtspunten) van de klankbordgroep en anderzijds aandachtspunten vanuit de onderzoekers.

Achtereenvolgens zijn de volgende aanbevelingen en aandachtspunten opgenomen.

- Per productkaart waarbij voorstellen zijn opgenomen voor vervolgonderzoek ingeval verdere detaillering van de productkaarten in de toekomst gewenst is.
- Voor het beheer van de productkaarten en tot slot aanbevelingen voor implementatie van de productkaarten.

### 5.2 Aanbevelingen en aandachtspunten productkaarten

#### 5.2.1 Aardgas

Verbranding van aardgas vormt de dominante bijdrage binnen het milieuprofiel van deze energiedrager. Dit is gemodelleerd met een achtergrondmodel uit Ecoinvent voor verbranding van aardgas in een boiler van > 100 kW. Dit is het kleinste type dat geselecteerd kan worden in Ecoinvent en het meest realistische achtergrondmodel voor verbranding in relatief kleine installaties die veel worden toegepast in de gebouwde omgeving.

##### Aandachtspunt 1

De import van gasvormig aardgas uit Rusland is de dominante factor in de productiefase (A1-A3). Dit komt door de grote transportafstand, waarbij een grotere materiaalhoeveelheid per m<sup>3</sup> getransporteerd gas nodig is en er ook grotere verliezen optreden. De recente verschuivingen in de import naar (onder andere) LNG zijn onderzocht, maar hebben momenteel (eind 2022) nog niet een dusdanig effect op het milieuprofiel dat aanpassing van de oorspronkelijke modellering (rapportage v1.1) op dat punt nodig is.

Blijft veranderingen in de productiemix (bijvoorbeeld groter of kleiner aandeel invoer LNG) goed monitoren, hierdoor moet de productkaart mogelijk worden aangepast. Dit kan echter niet in alle gevallen op basis van CBS-gegevens (herkomst gas uit pijpleidingen niet precies bekend), maar zal bijvoorbeeld op basis van expertkennis moeten worden bepaald.

### 5.2.2 Elektriciteit

#### Aandachtspunt 2

*Afvalverwerking kapitaalgoederen:* de afvalverwerkingsscenario's voor kapitaalgoederen van hernieuwbare elektriciteit moeten bij herzieningen worden bijgewerkt naar de status quo. Verschillende partijen ontwikkelen recyclingsystemen voor windturbinebladen en PV-panelen.

#### Aandachtspunt 3

*Windturbine LCA-data:* Bij een herziening moet indien mogelijk specifieke LCA-data worden toegepast voor de elektriciteit van windturbines-op-zee en windturbines-op-land. De materialisatie in de Ecoinvent modellen voor elektriciteit van elektriciteit uit windenergie is momenteel mogelijk afwijkend van de Nederlandse praktijksituatie.

#### Aandachtspunt 4

*Substitutieprocessen voor RVS:* De MKI van elektriciteit uit wind-op-land en wind-op-zee komt voor een significant deel van RVS in de materialisatie. Bij wind op zee is de bijdrage van RVS groter dan 50% op de totale MKI. Het toegepaste module D substitutieproces van het RVS '0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd ongelegeerd schroot (World Steel methode obv Steel, low-alloyed {RER&RoW}| steel production, electric, low-alloyed | Cut-off, U - Steel, unalloyed {RER&RoW}| steel production, converter, unalloyed | Cut-off, U)' zorgt voor milieubaten (MKI) van € 0,17 per kg netto recycling, terwijl het RVS een MKI heeft van €7,08 per kg. De MKI van RVS komt voornamelijk voort uit de toepassing van chroom. In de praktijk zal het chroom ook (gedeeltelijk) gerecycled worden. Indien betere substitutedata beschikbaar komt voor RVS recycling dan kan dit worden toegepast. Dit zal leiden tot meer module D baten voor elektriciteit van windenergie.

### 5.2.3 Warmte

Bij warmtelevering, hoge temperatuur, grijs is productie via hulpketels aardgas en kolencentrales beide van grote invloed op het resultaat. Hierbij zijn in de analyse van de productkaarten conservatieve aannames gemaakt voor het aandeel van beide binnen de productiemix van warmte. Bij toekomstige updates moet geprobeerd worden om het aandeel van beide goed in kaart te brengen. Verder is bij warmteproductie uit bio-energie (warmtelevering HT, hernieuwbaar) de verhouding van warmte uit biomassa en biogas niet bekend.

#### Aandachtspunt 5

Bij vervolgonderzoek kan dit ook meer aandacht krijgen.

Voor lage temperatuurverwarming is een configuratie opgesteld op basis van zeer beperkte beschikbaarheid van informatie en achtergrondmodellen. Bij een herziening van de productkaarten moet onderzocht worden of er meer informatie beschikbaar is op het gebied van configuraties van LT warmtenetten en/of er in Ecoinvent betere achtergrondmodellen beschikbaar zijn.

### 5.3 Aanbevelingen beheer productkaarten

De productkaarten zijn met actuele en recente databronnen (voorgroonddata) opgesteld, beschouwd vanuit datakwaliteit is een geldigheid van 5 jaar realistisch. Voor de kaarten van de lage temperatuur warmtenetten merken wij wel op dat er weinig data beschikbaar was om de kaarten op de baseren. Daarnaast heeft de productiemix van zowel grijze als hernieuwbare elektriciteit en die van aardgas invloed op de milieu-impact.

#### Aandachtspunt 6

Om deze invloeden te bewaken is de aanbeveling om een jaarlijkse beschouwing van deze veranderingen te doen. Deze mogelijke invloeden zijn overigens niet relevant voor de productkaarten materialisatie externe levering.

De keuze voor een energiedrager is enerzijds niet altijd vrij voor de gebruiker en anderzijds wordt de keuze voor het type energie (grijs of hernieuwbaar) pas in de gebruiksfase en niet de ontwerpfase gemaakt. Voor de productkaarten materialisatie externe levering is eerder vastgesteld dat deze om reden van het ontbreken van ontwerpinvloed geen rekentoeslag van 30% krijgen.

#### Aanbeveling 1

Wij adviseren om geen rekentoeslag op de productkaarten voor externe levering te handhaven. De productkaarten voor energiedragers worden gebruikt in een vrijwillige berekening van een energie inclusieve MPG (MEPG) of MKI (MEKI). Wij adviseren om deze productkaarten eveneens zonder 30% rekentoeslag te gebruiken omwille van eveneens het ontbreken van ontwerpinvloed. De hoeveelheid energiedragers is uiteraard wel een ontwerpinvloed.

Op basis van beide voorgaande aanbevelingen stellen wij de volgende beheerprocedure voor;

1. De productkaarten zijn na invoer 5 jaar geldig, hierna worden nieuwe productkaarten opgesteld
2. Jaarlijks in maart, startend in 2023, worden de productiecijfers van de energiedragers vergeleken met de referentie in de productkaarten.
3. In geval van een verwachte afwijking van de MKI van > 30% wordt de productkaart herzien met de berekende profielen uit de referentie in de productkaarten.
4. De aankondiging van wijziging wordt uiterlijk 1 april van dat jaar gedaan door de NMD aan de rekeninstrumenten, LCA uitvoerders en op de website van de NMD.
5. Gewijzigde productkaarten worden ter controle voorgelegd aan de TIC en per 1 juli van dat jaar beschikbaar gesteld.

## 5.4 Aanbevelingen implementatie productkaarten

Met deze aanbevelingen sluiten we aan bij de 3 beoogde toepassingen zoals in de inleiding, zie toepassingsbereik, opgenomen.

Met de productkaarten voor energiedragers kan in combinatie met een MPG berekening de fase B6 op gebouwniveau worden berekend. Hiermee wordt de milieu-impact berekend overeenkomstig de EN 15978. Deze energie inclusieve MPG (MEPG), wordt uitgedrukt in een éénpuntscore per m<sup>2</sup> per jaar.

### Aanbeveling 2

Wij adviseren om de samenvoeging van de berekening van de MPG en de éénpuntscore van de use stage energy (B6) en op basis daarvan de GWP-use stage energy, in een afzonderlijk hoofdstuk toe te voegen aan de bepalingmethode milieuprestatie bouwwerken. Hierbij adviseren wij tevens om een duidelijke koppeling met de EN 15978 te maken en de samenhang met de NTA 8800 toe te lichten.

### Aanbeveling 3

Wij adviseren om de berekening van de MEPG, uitgedrukt per m<sup>2</sup> per jaar, en op basis daarvan de MEPG\_GWP in instrumenten voor de berekening van de milieuprestatie op te laten nemen.

### Aanbeveling 4

Wij adviseren om alle referentiegebouwen ook te voorzien van een MEPG waarde en een onderzoek te doen naar de MEPG waarde van bestaande gebouwen en de toekomstige MPG voor renovatie zodat een goede integrale afweging gemaakt kan worden.

### Aanbeveling 5

Wij adviseren om na invoer van de productkaarten voor de 'materialisatie externe levering' op basis van deze studie de oude te laten vervallen. Deze nieuwe productkaarten zijn 5 jaar geldig. De procedure voor beheer is niet van toepassing op het aandeel externe levering zoals toegelicht. Uit de impactanalyse blijkt dat er geen bezwaren zijn om deze update onmiddellijk door te voeren. Wel adviseren wij om de berekening ook nog te herhalen zodra de update van de referentiegebouwen in het eigen rekeninstrument van de NMD gereed is begin volgend jaar.

Voor de implementatie van de resultaten van de energiedragers als basisprofielen zullen wij naast de invoer als productkaart ook een export als basisprofiel aanleveren. Wij adviseren om daarmee de bestaande basisprofielen voor energiedragers te vervangen en deze update direct beschikbaar te stellen aan de licentiehouders op de basisprofielen database.

## 6. Referenties

NEN-EN-ISO 14040 Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework (ISO 14040:2006,IDT), juli 2006

NEN-EN-ISO 14044 Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines (ISO 14044:2006,IDT), juli 2006

NEN-EN 15804+A2:2019 Duurzaamheid van bouwwerken – Milieuverklaringen van producten – Basisregels voor de productgroep bouwproducten, december 2019

Bepalingsmethode 'Milieuprestatie Bouwwerken' versie 1.0, juli 2020, inclusief wijzigingsbladen d.d. oktober 2020, februari 2021 en oktober 2021.

Processendatabase (Nationale Milieu Database): NMD versie 3.3

EcoInvent Database versie 3.6

## Bijlagen



## Bijlage I LCI tabellen

### I.1 LCI Aardgas

Aardgas, verbrand, bij consument, per m <sup>3</sup>						
Fase	Materiaal c.q. proces	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
A1-A3	Import (Rusland)	Natural gas, high pressure (NL)  natural gas, high pressure, import from RU   Cut-off, U	NMD 3.4 / EI3.6	5,96E-01	m3	Aanname: import geheel uit Rusland
A1-A3	Import LNG	Natural gas, liquefied (GLO)  market for   Cut-off, U	NMD 3.4 / EI3.6	1,14E-01	m3	Beschrijving model: The process is normalized on te gaseous form of gas
A1-A3	Productie NL op land	Natural gas, high pressure (NL)  petroleum and gas production, on-shore   Cut-off, U	NMD 3.4 / EI3.6	2,08E-01	m3	
A1-A3	Productie NL op zee	Natural gas, high pressure (NL)  petroleum and gas production, off-shore   Cut-off, U	NMD 3.4 / EI3.6	8,10E-02	m3	
A1-A3	Verwijdering infrastructuur					Buiten beschouwing gelaten
A1-A3	Transport eindeleven centrale	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified (GLO)  market group for transport, freight, lorry, unspecified   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	2,53E-04	tkm	Afaltransport, forfaitaire afstanden
A1-A3	Stort - staal	0253-sto&Stort staal (o.b.v. Scrap steel (Europe without Switzerland)  treatment of scrap steel, inert material landfill   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	2,20E-04	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig
A1-A3	Recycling - staal	0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed (RER)  sorting and pressing of iron scrap   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	3,97E-03	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig
A1-A3	AVI - staal	0257-avC&Verbranden staalschroot (o.b.v. Scrap steel (Europe without Switzerland)  treatment of scrap steel, municipal incineration   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	2,20E-04	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig
A4	Transport aardgas	Verliezen				10,5% verlies bij hoge druk, 1,0% bij lage druk evenredig over alle bronnen
A4	Transport (hoge druk, binnen NL)	_kopie - Natural gas, high pressure (NL)  market for   Cut-off, U	NMD 3.4 / EI 3.6	1,00E+00	m3	Gasproductie voor verliezen op 0, aangepast naar bovenstaande
A4	Transport (lage druk, binnen NL)	_kopie - Natural gas, low pressure (RoW)  market for   Cut-off, U	NMD 3.4 / EI 3.6	1,00E+00	m3	Gasproductie voor verliezen op 0, aangepast naar bovenstaande
A4	Verwijdering pijpleiding					Buiten beschouwing gelaten
A4	Transport eindelevensfase	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified (GLO)  market group for transport, freight, lorry, unspecified   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	1,015E-04	tkm	Afaltransport, forfaitaire afstanden
A4	Stort - gietijzer	0253-sto&Stort staal (o.b.v. Scrap steel (Europe without Switzerland)  treatment of scrap steel, inert material landfill   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	4,267E-05	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig
A4	Stort - betonstaal	0253-sto&Stort staal (o.b.v. Scrap steel (Europe without Switzerland)	NMD 3.4 / EI 3.6	4,269E-05	kg	Standaard eindeleven centrale -

		treatment of scrap steel, inert material landfill   Cut-off, U)				afvalscenario - metalen, overig
A4	Stort - koper	0248-sto&Stort koper, lood, verzinkt staal, zink (o.b.v. Scrap tin sheet {CH}) treatment of, sanitary landfill   Cut-off, U, bij gebrek aan passender proces)	NMD 3.4 / EI 3.6	2,871E-06	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig
A4	Recycling - gietijzer	0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed {RER}) sorting and pressing of iron scrap   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	7,680E-04	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig
A4	Recycling - betonstaal	0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed {RER}) sorting and pressing of iron scrap   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	7,684E-04	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig
A4	Recycling - koper	0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed {RER}) sorting and pressing of iron scrap   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	5,169E-05	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig
A4	AVI - gietijzer	0257-avC&Verbranden staalschroot (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland}) treatment of scrap steel, municipal incineration   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	4,267E-05	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig
A4	AVI - betonstaal	0257-avC&Verbranden staalschroot (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland}) treatment of scrap steel, municipal incineration   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	4,269E-05	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig
A4	AVI - koper	0307-avC&Verbranden koperschroot (o.b.v. Scrap copper {RoW}) treatment of, municipal incineration   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	2,871E-06	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig
B1	Emissies bij verbranding	Emissiemodel (zie sectie 3.3.2.3)	NMD 3.4 / EI 3.6	1	m3	nvt
D	Recycling	0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd ongelegeerd schroot (World Steel methode obv Steel, low-alloyed {RER&RoW}) steel production, electric, low-alloyed   Cut-off, U - Steel, unalloyed {RER&RoW}) steel production, converter, unalloyed   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6		kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig
				3,00E-03		
D	Recycling	0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd ongelegeerd schroot (World Steel methode obv Steel, low-alloyed {RER&RoW}) steel production, electric, low-alloyed   Cut-off, U - Steel, unalloyed {RER&RoW}) steel production, converter, unalloyed   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6		kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig
				4,38E-04		
D	Recycling	0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd ongelegeerd schroot (World Steel methode obv Steel, low-alloyed {RER&RoW}) steel production, electric, low-alloyed   Cut-off, U - Steel, unalloyed {RER&RoW}) steel production, converter, unalloyed   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6		kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig
				5,14E-04		
D	Recycling	0277-reD&Module D, koper, per kg NETTO geleverd schroot (vermeden: Copper {RER}) production, primary   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6		kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig
				3,50E-05		

Tabel I.1: Decompositie Aardgas, verbrand, bij consument, per m3

## I.2 LCI Elektriciteit, elektriciteitsnet zonder opwekkingsmiddelen, materialisatie externe levering, per kWh

Elektriciteitsnet externe levering, bij consument, per kWh						
Fase	Materiaal c.q. proces	Milieuprofiel	Database/bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
A1-A4	Materialisatie	Materialisatie elektriciteitsnet; per kWh [NL] (A4)	NMD 3.5 / EI3.6	1+0,04779	kWh	Materialisatie + 4,8% verlies
D	Materialisatie	Materialisatie elektriciteitsnet; per kWh einde leven (D)	NMD 3.5 / EI3.6	1+0,04779	kWh	Materialisatie + 4,8% verlies

Tabel I.2.1: Decompositie Elektriciteitsnet externe levering, bij consument, per kWh

Onderliggend aan de materialisatie van de externe levering van het elektriciteitsnet zijn 'Materialisatie elektriciteitsnet; per kWh [NL] (A4)' en 'Materialisatie elektriciteitsnet; per kWh einde leven (D)'. Deze processen worden ook toegepast voor het elektriciteitsnet in de modellen van elektriciteit.

Materialisatie elektriciteitsnet; per kWh [NL] (A4)						
Fase	Materiaal c.q. proces	Milieuprofiel	Database/bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
A4	Transmissienetwerk, long distance	Transmission network, long-distance {GLO} market for   Cut-off, U	NMD 3.5 / EI 3.6	6,02E-10	km	Naar Nederlandse situatie
A4	Transmissienetwerk, high voltage	Transmission network, electricity, high voltage {GLO} market for   Cut-off, U	NMD 3.5 / EI 3.6	1,84E-09	km	Naar Nederlandse situatie
A4	Transmissienetwerk, medium voltage	Transmission network, electricity, medium voltage {GLO} market for   Cut-off, U	NMD 3.5 / EI 3.6	2,22E-08	km	Naar Nederlandse situatie
A4	Transmissienetwerk, low voltage	Distribution network, electricity, low voltage {GLO} market for   Cut-off, U	NMD 3.5 / EI 3.6	4,63E-08	km	Naar Nederlandse situatie
A4	Sulfur Hexafluoride	Sulfur hexafluoride, liquid {RER} market for sulfur hexafluoride, liquid   Cut-off, U	NMD 3.5 / EI 3.6	1,19E-07	kg	Hetzelfde gelaten als in de oorspronkelijke elektriciteit {NL} Ecoinventproductkaart (low voltage & medium voltage). Niet van toepassing voor externe leveringsprofiel.
A4	Emissies naar de lucht	Sulfur hexafluoride	NMD 3.5 / EI 3.6	1,19E-07	kg	Hetzelfde gelaten als in de oorspronkelijke elektriciteit {NL} Ecoinventproductkaart (low voltage & medium voltage). Niet van toepassing voor externe leveringsprofiel.
A4	Verwijdering transmissienetwerk					Buiten beschouwing gelaten
A4	Eindeleven transmissienetwerk transport	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market group for transport, freight, lorry, unspecified   Cut-off, U)	NMD 3.5 / EI 3.6	9,39E-05	tkm	Afvaltransport, forfaitaire afstanden
A4	Recycling - Aluminium	0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed {RER} sorting and pressing of iron scrap   Cut-off, U)	NMD 3.5 / EI 3.6	2,25E-05	kg	Standaard eindeleven netwerk - afvalscenario - aluminium, uit GWW
A4	AVI - Aluminium	0255-avC&Verbranden aluminium (o.b.v. Scrap aluminium {Europe without Switzerland} treatment of scrap aluminium, municipal incineration   Cut-off, U)	NMD 3.5 / EI 3.6	6,96E-07	kg	Standaard eindeleven netwerk - afvalscenario - aluminium, uit GWW
A4	Stort - beton	0240-sto&Stort beton, cellenbeton (o.b.v. Waste concrete {Europe without Switzerland} treatment of waste concrete, inert material landfill   Cut-off, U)	NMD 3.5 / EI 3.6	1,28E-05	kg	Standaard eindeleven netwerk - afvalscenario - beton

A4	Recycling - beton	0270-reC&Breken, per kg steenachtig (o.b.v. SBK Breken steenachtig MRP1)	NMD 3.5 / EI 3.6	1,27E-03	kg	Standaard eindeleven netwerk - afvalscenario - beton
A4	Stort - koper	0248-sto&Stort koper, lood, verzinkt staal, zink (o.b.v. Scrap tin sheet {CH}) treatment of, sanitary landfill   Cut-off, U, bij gebrek aan passender proces)	NMD 3.5 / EI 3.6	1,32E-05	kg	Standaard eindeleven netwerk - afvalscenario - koper
A4	AVI - koper	0307-avC&Verbranden koperschroot (o.b.v. Scrap copper {RoW}) treatment of, municipal incineration   Cut-off, U)	NMD 3.5 / EI 3.6	6,62E-06	kg	Standaard eindeleven netwerk - afvalscenario - koper
A4	Recycling - koper	0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed {RER}) sorting and pressing of iron scrap   Cut-off, U)	NMD 3.5 / EI 3.6	1,13E-04	kg	Standaard eindeleven netwerk - afvalscenario - koper
A4	Stort - staal	0253-sto&Stort staal (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland}) treatment of scrap steel, inert material landfill   Cut-off, U)	NMD 3.5 / EI 3.6	1,21E-05	kg	Standaard eindeleven netwerk - afvalscenario - staal, zink / verzinkt staal
A4	Recycling - staal	0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed {RER}) sorting and pressing of iron scrap   Cut-off, U)	NMD 3.5 / EI 3.6	2,30E-04	kg	Standaard eindeleven netwerk - afvalscenario - staal, zink / verzinkt staal
A4	Stort - lood	0248-sto&Stort koper, lood, verzinkt staal, zink (o.b.v. Scrap tin sheet {CH}) treatment of, sanitary landfill   Cut-off, U, bij gebrek aan passender proces)	NMD 3.5 / EI 3.6	9,32E-07	kg	Standaard eindeleven netwerk - afvalscenario - lood
A4	Recycling - lood	0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed {RER}) sorting and pressing of iron scrap   Cut-off, U)	NMD 3.5 / EI 3.6	1,77E-05	kg	Standaard eindeleven netwerk - afvalscenario - lood
A4	stort - gravel	0247-sto&Stort inert afval (o.b.v. Inert waste, for final disposal {RoW}) treatment of inert waste, inert material landfill   Cut-off, U) fijn-/grofkeramisch, grind, kalkzandsteen, schelpen, zand	NMD 3.5 / EI 3.6	2,14E-07	kg	Standaard eindeleven netwerk - afvalscenario - steenachtig, overig
A4	Recycling - gravel	0270-reC&Breken, per kg steenachtig (o.b.v. SBK Breken steenachtig MRP1)	NMD 3.5 / EI 3.6	2,12E-05	kg	Standaard eindeleven netwerk - afvalscenario - steenachtig, overig
A4	AVI - PVC	0265-avC&Verbranden PVC (21,51 MJ/kg) (o.b.v. Waste polyvinylchloride {CH}) treatment of, municipal incineration   Cut-off, U)	NMD 3.5 / EI 3.6	2,85E-05	kg	Standaard eindeleven netwerk - afvalscenario - kunststoffen, overig
A4	Recycling - PVC	0286-reC&verwerking kunststof voor recycling (o.b.v. Waste polyethylene, for recycling, sorted {Europe without Switzerland}) treatment of waste polyethylene, for recycling, unsorted, sorting   Cut-off, U)	NMD 3.5 / EI 3.6	3,16E-06	kg	Standaard eindeleven netwerk - afvalscenario - kunststoffen, overig
A4	AVI - PE	0311-avC&Verbranden PE (42,47 MJ/kg) (o.b.v. Waste polyethylene {RoW}) treatment of waste polyethylene, municipal incineration   Cut-off, U)	NMD 3.5 / EI 3.6	4,15E-06	kg	Standaard eindeleven netwerk - afvalscenario - kunststoffen, overig
A4	Recycling PE	0286-reC&verwerking kunststof voor recycling (o.b.v. Waste polyethylene, for recycling, sorted {Europe without Switzerland}) treatment of waste polyethylene, for recycling, unsorted, sorting   Cut-off, U)	NMD 3.5 / EI 3.6	4,61E-07	kg	Standaard eindeleven netwerk - afvalscenario - kunststoffen, overig

Tabel I.2.2: Materialisatie elektriciteitsnet; per kWh [NL] (A4)

Materialisatie elektriciteitsnet; per kWh einde leven (D)						
Fase	Materiaal c.q. proces	Milieu profiel	Database/ bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
D	Recycling - aluminium - netwerk	0269-reD&Module D aluminium, per kg NETTO geleverd schroot (vermeden: Aluminium, cast alloy {GLO}) aluminium ingot, primary, to market   Cut-off, U; Aluminium, cast alloy {RER}) treatment of aluminium scrap, post-consumer, prepared for recycling, at refiner   Cut-off, U)	NMD 3.5 / EI 3.6	5,32E-06	kg	Standaard eindeleven netwerk - afvalscenario - aluminium, uit GWW
D	Recycling - beton - netwerk	0280-reD&Module D, zand (o.b.v. Sand {RoW}) gravel and quarry operation   Cut-off, U)	NMD 3.5 / EI 3.6	1,27E-03	kg	Standaard eindeleven netwerk - afvalscenario - beton
D	Recycling - koper - netwerk	0277-reD&Module D, koper, per kg NETTO geleverd schroot (vermeden: Copper {RER}) production, primary   Cut-off, U)	NMD 3.5 / EI 3.6	7,41E-05	kg	Standaard eindeleven netwerk - afvalscenario - koper

D	Recycling - staal - netwerk	0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd ongelegeerd schroot (World Steel methode obv Steel, low-alloyed {RER&RoW}) steel production, electric, low-alloyed   Cut-off, U - Steel, unalloyed {RER&RoW}) steel production, converter, unalloyed   Cut-off, U)	NMD 3.5 / EI 3.6	1,78E-04	kg	Standaard eindeleven netwerk - afvalscenario - staal, zink / verzinkt staal
D	Recycling - lood - netwerk	0281-reD&Module D, lood, per kg NETTO geleverd schroot (vermeden: Lead {GLO}) primary lead production from concentrate   Cut-off, U)	NMD 3.5 / EI 3.6	7,44E-06	kg	Standaard eindeleven netwerk - afvalscenario - lood
D	Recycling - gravel - netwerk	0271-reD&Module D, grind, per kg NETTO geleverd granulaat/grind (vermeden: Gravel, round {RoW}) gravel and sand quarry operation   Cut-off, U)	NMD 3.5 / EI 3.6	2,12E-05	kg	Standaard eindeleven netwerk - afvalscenario - steenachtig, overig
D	Recycling - PVC - netwerk	0279-reD&Module D, PVC, per kg NETTO geleverd (o.b.v. vermeden Polyvinylchloride, suspension polymerised {RER}) polyvinylchloride production, suspension polymerisation   Cut-off, U en kwaliteitsfactor 0,67)	NMD 3.5 / EI 3.6	3,19E-06	kg	Standaard eindeleven netwerk - afvalscenario - kunststoffen, overig
D	Recycling - PE - netwerk	0278-reD&Module D, PE, per kg NETTO geleverd (o.b.v. vermeden Polyethylene, high density, granulate {RER}) production   Cut-off, U en kwaliteitsfactor 0,67)	NMD 3.5 / EI 3.6	4,25E-07	kg	Standaard eindeleven netwerk - afvalscenario - kunststoffen, overig
D	Energieterugwinning - PVC & PE - netwerk	0267-avD&Vermeden energieproductie AVI, o.b.v. FOSSIELE grondstoffen, 18% elektrisch en 31% thermisch (per MJ LHV)	NMD 3.5 / EI 3.6	7,89E-04	MJ	Standaard eindeleven netwerk - afvalscenario - kunststoffen, overig

Tabel I.2.3: Materialisatie elektriciteitsnet; per kWh einde leven (D)

### I.3 LCI Elektriciteit, Nederlandse mix (73% grijs, 27% hernieuwbaar)

De toegepaste processen staan verder toegelicht bij 'LCI Elektriciteit grijs' en 'LCI Nederlandse hernieuwbare mix'.

Elektriciteit, Nederlandse mix, bij consument, per kWh (73% grijs, 27% hernieuwbaar)						
Fase	Materiaal c.q. proces	Milieuprofiel	Database/ bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
A1-A3	Hernieuwbaar	_Elektriciteit hernieuwbaar MIX, {NL} (A1-A3)	NMD 3.5 / EI3.6	0.27	kWh	
A1-A3	Grijs	_Elektriciteit grijs, low voltage {NL} (A1-A3)	NMD 3.5 / EI3.6	0.73	kWh	
A4	Hernieuwbaar	_Elektriciteit hernieuwbaar MIX, {NL} (A4)	NMD 3.5 / EI3.6	0.27	kWh	
A4	Grijs	_Elektriciteit grijs, low voltage {NL} (A4)	NMD 3.5 / EI3.6	0.73	kWh	
D	Hernieuwbaar	_Elektriciteit hernieuwbaar MIX, low voltage {NL} (D)	NMD 3.5 / EI3.6	0,27	kWh	
D	Grijs	_Elektriciteit grijs, low voltage {NL} (D)	NMD 3.5 / EI 3.6	0.73	kWh	

**Tabel I.2.3: Elektriciteit, Nederlandse mix, bij consument, per kWh (73% grijs, 27% hernieuwbaar)**



## I.4 LCI Elektriciteit grijs

Elektriciteit, Grijs, bij consument, per kWh						
Fase	Materiaal c.q. proces	Milieuprofiel	Database /bron	Hoeveelheid	Eenh eid	Uitgangspunten
A1-A3	Elektriciteit uit aardgas, traditioneel	Electricity, high voltage {NL}  electricity production, natural gas, conventional power plant   Cut-off, U	NMD 3.4 / EI3.6	0,004	kWh	High voltage
A1-A3	Elektriciteit uit aardgas met WKK	Electricity, high voltage {NL}  heat and power co-generation, natural gas, conventional power plant, 100MW electrical   Cut-off, U	NMD 3.4 / EI3.6	0,218	kWh	High voltage
A1-A3	Elektriciteit uit aardgas STEG	Electricity, high voltage {NL}  electricity production, natural gas, combined cycle power plant   Cut-off, U	NMD 3.4 / EI3.6	0,337	kWh	High voltage
A1-A3	Elektriciteit uit aardgas STEG met WKK	Electricity, high voltage {NL}  heat and power co-generation, natural gas, combined cycle power plant, 400MW electrical   Cut-off, U	NMD 3.4 / EI3.6	0,254	kWh	High voltage
A1-A3	Elektriciteit uit kolen	Electricity, high voltage {NL}  electricity production, hard coal   Cut-off, U	NMD 3.4 / EI3.6	0,079	kWh	High voltage. Biogene CO <sub>2</sub> opslag op '0' gezet.
A1-A3	Elektriciteit uit kolen met WKK	Electricity, high voltage {NL}  heat and power co-generation, hard coal   Cut-off, U	NMD 3.4 / EI 3.6	0,031	kWh	High voltage
A1-A3	Elektriciteit uit olie	Electricity, high voltage {NL}  electricity production, oil   Cut-off, U	NMD 3.4 / EI 3.6	0,015	kWh	High voltage
A1-A3	Elektriciteit uit nucleaire energie	Electricity, high voltage {NL}  electricity production, nuclear, pressure water reactor   Cut-off, U	NMD 3.4 / EI 3.6	0,044	kWh	High voltage
A1-A3	Elektriciteit, overig niet hernieuwbaar	Electricity, high voltage {NL}  electricity production, hard coal   Cut-off, U	NMD 3.4 / EI 3.6	0,019	kWh	Conservatief gekozen voor elektriciteit uit kolen.
A1-A3	Emissies naar de lucht	Dinitrogen monoxide	NMD 3.4 / EI 3.6	5,00E-06	kg	Hetzelfde gelaten als in de oorspronkelijke Ecoinventproductkaart
A1-A3	Emissies naar de lucht	Ozone	NMD 3.4 / EI 3.6	4,15E-06	kg	Hetzelfde gelaten als in de oorspronkelijke elektriciteit (NL) Ecoinventproductkaart
A1-A3	Verwijdering elektriciteitscentrale					Buiten beschouwing gelaten
A1-A3	Transport eindeleven centrale	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}  market group for transport, freight, lorry, unspecified   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	9,38E-06	tkm	Afvaltransport, forfaitaire afstanden
A1-A3	Stort - beton	0240-sto&Stort beton, cellenbeton (o.b.v. Waste concrete {Europe without Switzerland}  treatment of waste concrete, inert material landfill   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	1,81E-07	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - beton
A1-A3	Stort - betonstaal	0253-sto&Stort staal (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland}  treatment of scrap steel, inert material landfill   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	6,12E-06	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig
A1-A3	Stort - RVS	0248-sto&Stort koper, lood, verzinkt staal, zink (o.b.v. Scrap tin sheet {CH}  treatment of, sanitary landfill   Cut-off, U, bij gebrek aan passender proces)	NMD 3.4 / EI 3.6	1,25E-06	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig
A1-A3	Recycling - beton	0270-reC&Breken, per kg steenachtig (o.b.v. SBK Breken steenachtig MRPI)	NMD 3.4 / EI 3.6	1,79E-05	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - beton



A1-A3	Recycling - betonstaal	0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed {RER})  sorting and pressing of iron scrap   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	1,10E-04	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig
A1-A3	Recycling - RVS	0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed {RER})  sorting and pressing of iron scrap   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	2,25E-05	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig
A1-A3	AVI - betonstaal	0257-avC&Verbranden staalschroot (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland})  treatment of scrap steel, municipal incineration   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	6,12E-06	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig
A1-A3	AVI - RVS	0257-avC&Verbranden staalschroot (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland})  treatment of scrap steel, municipal incineration   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	1,25E-06	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig
A4	Transport elektriciteit en conversie high voltage naar low voltage					4,8% conversie en transport verlies, over alle A1-A3 bronnen
A4	Transmissienetwerk	Materialisatie elektriciteitsnet; per kWh [NL] (A4)	NMD 3.4 / EI 3.6	1,04779	kWh	Materialisatie elektriciteitsnet per kWh + 4,8% verlies
D	Recycling elektriciteitsnet	Materialisatie elektriciteitsnet; per kWh einde leven (D)	NMD 3.4 / EI 3.6	1,04779	kWh	Substitutie door recycling van materialisatie elektriciteitsnet per kWh + 4,8% verlies
D	Recycling - beton - Elektriciteitscentrale	0271-reD&Module D, grind, per kg NETTO geleverd granulaat/grind (vermeden: Gravel, round {RoW})  gravel and sand quarry operation   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	8,53E-07	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - beton
D	Recycling - betonstaal - Elektriciteitscentrale	0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd ongelegeerd schroot (World Steel methode obv Steel, low-alloyed {RER&RoW})  steel production, electric, low-alloyed   Cut-off, U - Steel, unalloyed {RER&RoW})  steel production, converter, unalloyed   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	3,51E-06	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig
D	Recycling - RVS - Elektriciteitscentrale	0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd ongelegeerd schroot (World Steel methode obv Steel, low-alloyed {RER&RoW})  steel production, electric, low-alloyed   Cut-off, U - Steel, unalloyed {RER&RoW})  steel production, converter, unalloyed   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	7,39E-07	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig

Tabel I.4: Decompositie elektriciteit, grijs, bij consument, per kWh

## I.5 LCI elektriciteit Nederlandse hernieuwbare mix

Elektriciteit, Nederlandse hernieuwbare mix, bij consument, per kWh						
Fase	Materiaal c.q. proces	Milieu-profiel	Database/ bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
A1-A3	Zon	_Elektriciteit hernieuwbaar, SOLAR (A1-A3) (INCLUSIEF C1-C4 NAAR BPM)	NMD 3.5 / EI3.6	0,26	kWh	Aangepast model als in specifieke LCI
A1-A3	Biomassa	_Biomassa NL Mix (A1-A3)	NMD 3.5 / EI3.6	0,25	kWh	Aangepast model als in specifieke LCI
A1-A3	Wind-op-zee	_Elektriciteit hernieuwbaar Wind-op-Zee (A1-A3) (INCLUSIEF C1-C4 NAAR BPM)	NMD 3.5 / EI3.7	0,17	kWh	Aangepast model als in specifieke LCI
A1-A3	Wind-op-land	_Elektriciteit, hernieuwbaar, wind-op-land (A1-A3)	NMD 3.5 / EI3.6	0,31	kWh	Aangepast model als in specifieke LCI
A1-A3	Overig	Electricity, high voltage (NL)   heat and power co-generation, biogas, gas engine   Cut-off, U	NMD 3.5 / EI3.6	0.01	kWh	Ecoinvent model als in specifieke LCI
A4	Verlies	_Elektriciteit hernieuwbaar MIX, (NL) (A1-A3)	NMD 3.5 / EI 3.6	0,04779	kWh	conversie en transportverlies over alle A1A3-processen
A4	Transport, elektriciteitsnet	Materialisatie elektriciteitsnet; per kWh aan huis [NL] (A4)	NMD 3.5 / EI 3.6	1,04779	kWh	Elektriciteitsnet
D	Solar	_Elektriciteit hernieuwbaar, SOLAR (D)	NMD 3.5 / EI 3.6	0,26	kWh	Hernieuwbare mix, aandeel PV, recycling baten. Conversieverlies en module D van transport zit hierin opgenomen.
D	Wind-op-Zee	_Elektriciteit hernieuwbaar Wind-op-Zee (D)	NMD 3.5 / EI 3.6	0,17	kWh	Hernieuwbare mix, aandeel wind-op-zee. Conversieverlies en module D van transport zit hierin opgenomen.
D	Wind-op-land	_Elektriciteit, hernieuwbaar, wind-op-land (D)	NMD 3.5 / EI 3.6	0,31	kWh	Hernieuwbare mix, aandeel wind-op-land. Conversieverlies en module D van transport zit hierin opgenomen.
D	Biomassa	_Biomassa module D	NMD 3.5 / EI 3.6	0,26	kWh	Hernieuwbare mix, aandeel wind-op-land. Conversieverlies en module D van transport zit hierin opgenomen.
D	Elektriciteitsnet	Materialisatie elektriciteitsnet; per kWh einde leven (D)	NMD 3.5 / EI 3.6	1,04779	kWh	Recycling elektriciteitsnet inclusief verliezen.

Tabel I.5: Decompositie elektriciteit, hernieuwbaar, bij consument, per kWh

## I.6 LCI Elektriciteit, hernieuwbaar, uit biomassa

Elektriciteit, hernieuwbaar, uit biomassa, bij consument, per kWh						
Fase	Materiaal c.q. proces	Milieuprofiel	Database/ bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
A1-A3	Afvalverbrandingsinstallaties	Electricity, medium voltage (NL)   electricity, from municipal waste incineration to generic market for   Cut-off, U	NMD 3.5 / EI3.6	0,346256932	kwh	Nederlandse mix, elektriciteit uit biomassa
A1-A3	Bij- en meestoken biomassa in centrales	Electricity, high voltage (NL)   heat and power co-generation, wood chips, 6667 kW, state-of-the-art 2014   Cut-off, U	NMD 3.5 / EI3.6	0,472042514	kwh	Nederlandse mix, elektriciteit uit biomassa
A1-A3	Biogas uit stortplaatsen	Electricity, high voltage (NL)   heat and power co-generation, biogas, gas engine   Cut-off, U   biogas from biowaste by anaerobic digestion	NMD 3.5 / EI3.6	0,004574861	kwh	Nederlandse mix, elektriciteit uit biomassa
A1-A3	Biogas rioolwaterzuiveringsinstallaties	Electricity, high voltage (NL)   heat and power co-generation, biogas, gas engine   Cut-off, U   Biogas from sewage sludge by anaerobic digestion	NMD 3.5 / EI3.6	0,034426987	kwh	Nederlandse mix, elektriciteit uit biomassa
A1-A3	Biogas, co-vergisting van mest	Electricity, high voltage (NL)   heat and power co-generation, biogas, gas engine   Cut-off, U   biogas from anaerobic digestion of manure	NMD 3.5 / EI3.7	0,089972274	kwh	Nederlandse mix, elektriciteit uit biomassa
A1-A3	Overig biogas	Electricity, high voltage (NL)   heat and power co-generation, biogas, gas engine   Cut-off, U	NMD 3.5 / EI3.6	0,052634011	kwh	Nederlandse mix, elektriciteit uit biomassa
A4	Transport elektriciteit en conversie high voltage naar low voltage					4,8% conversie en transport verlies, evenredig over alle A1-A3 bronnen
A4	Transport, elektriciteitsnet	Materialisatie elektriciteitsnet; per kWh aan huis [NL] (A4)	NMD 3.5 / EI 3.6	1,04779	kWh	Elektriciteitsnet
D	Recycling - staal	0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd ongelegeerd schroot (World Steel methode obv Steel, low-alloyed {RER&RoW}) steel production, electric, low-alloyed   Cut-off, U - Steel, unalloyed {RER&RoW}) steel production, converter, unalloyed   Cut-off, U)	NMD 3.5 / EI 3.6	3,21E-04	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - netto recycling staal
D	Elektriciteitsnet	Materialisatie elektriciteitsnet; per kWh einde leven (D)	NMD 3.5 / EI 3.6	1,04779	kWh	Recycling elektriciteitsnet inclusief verliezen.

Tabel I.6: Decompositie elektriciteit, hernieuwbaar, uit biomassa, bij consument, per kWh

## I.7 LCI Elektriciteit, hernieuwbaar, van windturbines op zee

Elektriciteit, hernieuwbaar van wind-op-zee, bij consument, per kWh						
Fase	Materiaal c.q. proces	Milieuprofiel	Database/bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
A1-A3	Kinetische energie	Energy, kinetic (in wind), converted	NMD 3.5 / EI3.6	3,87E+00	MJ	Overgenomen uit Ecoinvent offshore wind
A1-A3	Olie	Lubricating oil {RER} market for lubricating oil   Cut-off, U en Waste mineral oil (Europe without Switzerland) market for waste mineral oil   Cut-off, U	NMD 3.5 / EI3.6	5,75E-05	kg	Overgenomen uit Ecoinvent offshore wind
A1-A3	Substation	Substation, OHVS 2 MW	NMD 3.5 / EI3.6	5,34E-09	p	1 / (Opwekking per jaar per opgestelde MW * toegepast vermogen per turbine * levensduur), oftewel: 1 / (4346E3 * 2MW * 21,5)  In A1A3 zit zowel de materialisatie als de afvalverwerking van het substation opgenomen.
A1-A3	Windturbine constructie, vaste onderdelen	Wind power plant, 2MW, offshore, fixed parts {GLO} construction   Cut-off, U	NMD 3.5 / EI3.6, afvalverwerkingsprocessen uit EI profiel en specifiek gemodell eerd	5,34E-09	p	1 / (Opwekking per jaar per opgestelde MW * toegepast vermogen per turbine * levensduur), oftewel: 1 / (4346E3 * 2MW * 21,5)
A1-A3 (C1)	Demontage windturbine	Diesel, burned in building machine {GLO} market for   Cut-off, U	NMD 3.5 / EI3.6	4,68E-06	MJ	C1, GELIJK AAN installatie
A1-A3 (C2)	C2, transport voor afvalverwerking	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market group for transport, freight, lorry, unspecified   Cut-off, U)	NMD 3.5 / EI3.6	5,66E-05	tkm	Forfaitaire afstanden NMD
A1-A3 (C2)	C2, transport voor afvalverwerking	0103-tra&Transport, vrachtschip, binnenvaart (o.b.v. Transport, freight, inland waterways, barge {GLO} market group for transport, freight, inland waterways, barge   Cut-off, U)	NMD 3.5 / EI3.6	5,39E-05	tkm	50 km transport naar land, . In werkelijkheid is er sprake van zeetransport. Vanwege de kleine transportafstand en transport complexiteit van de windturbines wordt het model voor 'vrachtschip, binnenvaart' als meer representatief geacht.
A1-A3 (C3)	C3, bewerking tbv recycling	0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed {RER} sorting and pressing of iron scrap   Cut-off, U)	NMD 3.5 / EI3.6	1,02E-03	kg	Forfaitair recycling scenario NMD voor staal
A1-A3 (C4)	C4, laten zitten	0240-sto&Stort beton, cellenbeton (o.b.v. Waste concrete (Europe without Switzerland) treatment of waste concrete, inert material landfill   Cut-off, U)	NMD 3.5 / EI3.6	1,28E-02	kg	C4, laten zitten
A1-A3 (C4)	C4, laten zitten koper + 5 % stort staal	0248-sto&Stort koper, lood, verzinkt staal, zink (o.b.v. Scrap tin sheet {CH} treatment of, sanitary landfill   Cut-off, U, bij gebrek aan passender proces)	NMD 3.5 / EI3.6	7,48E-05	kg	C4, laten zitten koper + 5 % stort staal
A1-A3 (C4)	C4, laten zitten kunststoffen	0249-sto&Stort kunststoffen (o.b.v. mix 21% PE, 21% PP, 17% PVC, 21% PS en 20% mixture)	NMD 3.5 / EI3.6	2,16E-05	kg	C4, laten zitten kunststoffen
A1-A3	Windturbine constructie, bewegende onderdelen	Wind power plant, 2MW, offshore, moving parts {GLO} construction   Cut-off, U (TOEVOEGING C1-C4 NAAR BPM)	NMD 3.5 / EI3.6, afvalverwerkingsprocessen uit EI profiel en specifiek gemodell eerd	5,34E-09	p	1 / (Opwekking per jaar per opgestelde MW * toegepast vermogen per turbine * levensduur), oftewel: 1 / (4346E3 * 2MW * 21,5)
A1-A3 (C1)	Demontage windturbine	Electricity, medium voltage {GLO} market group for   Cut-off, U	NMD 3.5 / EI3.6	3,60E-04	kWh	C1, GELIJK AAN installatie
A1-A3 (C2)	C2, transport voor afvalverwerking	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market group for transport, freight, lorry, unspecified   Cut-off, U)	NMD 3.5 / EI3.6	6,09E-05	tkm	Forfaitaire afstanden NMD
A1-A3 (C2)	C2, transport voor afvalverwerking	0103-tra&Transport, vrachtschip, binnenvaart (o.b.v. Transport, freight, inland waterways, barge {GLO} market group for transport, freight, inland waterways, barge   Cut-off, U)	NMD 3.5 / EI3.6	3,70E-05	tkm	50 km transport naar land, . In werkelijkheid is er sprake van zeetransport. Vanwege de kleine transportafstand en transport complexiteit van de windturbines wordt het model voor 'vrachtschip, binnenvaart' als meer representatief geacht.

A1-A3 (C3)	C3, bewerking tbv recycling	0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed {RER})   sorting and pressing of iron scrap   Cut-off, U)	NMD 3.5 / EI3.6	4,89E-04	kg	Forfaitair recycling scenario NMD voor staal
A1-A3 (C3)	C3, verbranden minerale olie	0457-avC&Verbranden minerale olie (45,7 MJ/kg) (o.b.v. Waste mineral oil {Europe without Switzerland})   treatment of waste mineral oil, hazardous waste incineration   Cut-off, U)	NMD 3.5 / EI3.6	6,14E-06	kg	AVI met energierugwinning
A1-A3 (C4)	C4, stort kunststoffen	0264-avC&Verbranden kunststoffen (28,67 MJ/kg) (o.b.v. o.b.v. mix 21% PE, 21% PP, 20% PVC, 17% PS en 21% mixture)	NMD 3.5 / EI3.6	2,20E-04	kg	C4, laten zitten koper + 5 % stort staal
A1-A3 (C4)	C4, stort RVS/low alloyed, koper, gietijzer	0248-sto&Stort koper, lood, verzinkt staal, zink (o.b.v. Scrap tin sheet {CH})   treatment of, sanitary landfill   Cut-off, U, bij gebrek aan passender proces)	NMD 3.5 / EI3.6	2,55E-05	kg	C4, laten zitten kunststoffen
A4	Transport elektriciteit en conversie high voltage naar low voltage			0,4779	kWh	4,8% conversie en transport verlies, evenredig over alle A1-A3 bronnen
A4	Transport, elektriciteitsnet	Materialisatie elektriciteitsnet; per kWh aan huis [NL] (A4)	NMD 3.5 / EI 3.6	1,04779	kWh	Electriciteitsnet
D	Recycling - staal (turbine vaste onderdelen)	0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd ongelegeerd schroot (World Steel methode obv Steel, low-alloyed {RER&RoW})   steel production, electric, low-alloyed   Cut-off, U - Steel, unalloyed {RER&RoW})   steel production, converter, unalloyed   Cut-off, U)	NMD 3.5 / EI 3.6	5,88E-04	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - netto recycling staal
D	Recycling - staal (turbine bewegende onderdelen)	0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd ongelegeerd schroot (World Steel methode obv Steel, low-alloyed {RER&RoW})   steel production, electric, low-alloyed   Cut-off, U - Steel, unalloyed {RER&RoW})   steel production, converter, unalloyed   Cut-off, U)	NMD 3.5 / EI 3.6	3,23E-04	kg	netto recycling staal
D	Recycling koper (turbine bewegende onderdelen)	0277-reD&Module D, koper, per kg NETTO geleverd schroot (vermeden: Copper {RER})   production, primary   Cut-off, U)	NMD 3.5 / EI 3.6	8,45E-06	kg	netto recycling koper
D	Recycling aluminium (turbine bewegende onderdelen)	0269-reD&Module D aluminium, per kg NETTO geleverd schroot (vermeden: Aluminium, cast alloy {GLO})   aluminium ingot, primary, to market   Cut-off, U; Aluminium, cast alloy {RER})   treatment of aluminium scrap, post-consumer, prepared for recycling, at refiner   Cut-off, U)	NMD 3.5 / EI 3.6	1,09E-06	kg	netto recycling aluminium
D	Vermeden energie door AVI oliën (turbine bewegende onderdelen)	0267-avD&Vermeden energieproductie AVI, o.b.v. FOSSIELE grondstoffen, 18% elektrisch en 31% thermisch (per MJ LHV)	NMD 3.5 / EI 3.6	4,91E-03	MJ	Vermeden energie door AVI oliën (45,7MJ/kg)
D	substation, recycling	Substation, OHVS 2 MW MODULE D	NMD 3.5 / EI 3.6	5,60E-09	P	1 / (Opwekking per jaar per opgestelde MW * toegepast vermogen per turbine *levensduur), oftewel: 1 / (4346E3 * 2MW *21.5)
D	Electriciteitsnet	Materialisatie elektriciteitsnet; per kWh einde leven (D)	NMD 3.5 / EI 3.6	1,04779	kWh	Recycling elektriciteitsnet inclusief verliezen.

Tabel I.7: Decompositie elektriciteit, hernieuwbaar, van windturbines op zee, bij consument, per kWh

Substation, OHVS 700 MW	1	Stuk
De materialisatie is per 700MW. Dit kan worden verrekend naar per 2MW om dit gelijk te stellen aan de windturbines uit Ecoinvent en vervolgens verrekend naar het aantal stuks (5,34 <sup>E-09</sup> van de 2MW installatie) per kWh. Hierbij wordt verondersteld dat de substations dezelfde levensduur hebben als de windturbines.		
<b>Proces (materialen)</b>	<b>Hoeveelheid</b>	<b>Eenheid</b>
0238-fab&Staal, laaggelegeerd (o.b.v. Steel, low-alloyed {GLO})   market for   Cut-off, U; 57% primair, 43% secundair)	8000000*0,79	Kg
0220-fab&Gietijzer (o.b.v. Cast iron {GLO})   market for   Cut-off, U; 61,3% primair, 38,7% secundair)	8000000*0,07	Kg
0151-fab&Aluminium (o.b.v. Aluminium, cast alloy {GLO})   market for   Cut-off, U; 26% primair, 74% secundair)	8000000*0,06	Kg
0287-fab&Koper, semis, voor plaat en buis (o.b.v. 33% 0059-fab&koper, kathode, 67% Copper {RER})   treatment of scrap by electrolytic refining; 26% primair, 74% secundair)	8000000*0,08	Kg
<b>Proces (bewerkingen)</b>		
0433-pro&Walsen, staal, warmwalsen (o.b.v. Hot rolling, steel {RER})   processing   Cut-off, U)	8000000*0,79	Kg
Metal working, average for aluminium product manufacturing {GLO})   market for   Cut-off, U)	8000000*0,07	Kg
Metal working, average for aluminium product manufacturing {GLO})   market for   Cut-off, U)	8000000*0,06	Kg
0147-pro&Draad trekken, koper (o.b.v. Wire drawing, copper {GLO})   market for   Cut-off, U)	8000000*0,08	Kg
<b>Transport naar locatie (A4)</b>		

Substation, OHVS 700 MW De materialisatie is per 700MW. Dit kan worden verrekend naar per 2MW om dit gelijk te stellen aan de windturbines uit Ecoinvent en vervolgens verrekend naar het aantal stuks (5,34 <sup>E-09</sup> van de 2MW installatie) per kWh. Hierbij wordt verondersteld dat de substations dezelfde levensduur hebben als de windturbines.	1	Stuk
0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}  market group for transport, freight, lorry, unspecified   Cut-off, U)	8000*150	Tkm
0103-tra&Transport, vrachtschip, binnenvaart (o.b.v. Transport, freight, inland waterways, barge {GLO}  market group for transport, freight, inland waterways, barge   Cut-off, U)	8000*50	Tkm
<b>Installatie (A5) en sloop (C1)</b>		
0475-pro&MGO, pre Tier I, totaal A1-D, per kg MGO (o.b.v. TNO Scheepsbrandstoffen, 2021) 114. Energy, primary, non-renewable, materials (MJ) in dit proces op '0' waarden gezet, de brandstof wordt verbrand.	800000*2	kg
<b>Transport afvalverwerking (C2) (forfaitair + 50 km scheepvaart)</b>		
0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}  market group for transport, freight, lorry, unspecified   Cut-off, U)	420240	Tkm
0103-tra&Transport, vrachtschip, binnenvaart (o.b.v. Transport, freight, inland waterways, barge {GLO}  market group for transport, freight, inland waterways, barge   Cut-off, U)	8000*50	Tkm
<b>Afvalbewerking (C3)</b>		
0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed {RER}  sorting and pressing of iron scrap   Cut-off, U)	7609600	Kg
0255-avC&Verbranden aluminium (o.b.v. Scrap aluminium {Europe without Switzerland}  treatment of scrap aluminium, municipal incineration   Cut-off, U)	8000000*0,06*0,03	Kg
<b>Finale afvalverwerking (C4)</b>		
0253-sto&Stort staal (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland}  treatment of scrap steel, inert material landfill   Cut-off, U)	8000000*(0,79+0,07)*0,05	Kg
0248-sto&Stort koper, lood, verzinkt staal, zink (o.b.v. Scrap tin sheet {CH}  treatment of, sanitary landfill   Cut-off, U, bij gebrek aan passender proces)	8000000*0,08*0,05	Kg
<b>Module D</b>		
0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd ongelegeerd schroot (World Steel methode obv Steel, low-alloyed {RER&RoW}  steel production, electric, low-alloyed   Cut-off, U - Steel, unalloyed {RER&RoW}  steel production, converter, unalloyed   Cut-off, U)	3,60E+06	Kg
0269-reD&Module D aluminium, per kg NETTO geleverd schroot (vermeden: Aluminium, cast alloy {GLO}  aluminium ingot, primary, to market   Cut-off, U; Aluminium, cast alloy {RER}  treatment of aluminium scrap, post-consumer, prepared for recycling, at refiner   Cut-off, U)	1,10E+05	Kg
0277-reD&Module D, koper, per kg NETTO geleverd schroot (vermeden: Copper {RER}  production, primary   Cut-off, U)	4,22E+05	Kg

Tabel I.7.2: Decompositie substation voor windturbines op zee



## I.8 LCI Elektriciteit, hernieuwbaar, van windturbines op land

Elektriciteit, hernieuwbaar van wind-op-land, bij consument, per kWh						
Fase	Materiaal c.q. proces	Milieu-profiel	Database/bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
A1-A3	Kinetische energie	Energy, kinetic (in wind), converted	NMD 3.5 / EI3.6	3,87E+00	MJ	Overgenomen uit Ecoinvent onshore wind
A1-A3	Olie	Lubricating oil {RER}   market for lubricating oil   Cut-off, U en Waste mineral oil (Europe without Switzerland)   market for waste mineral oil   Cut-off, U	NMD 3.5 / EI3.6	3,82E-05	kg	Overgenomen uit Ecoinvent onshore wind
A1-A3	transport onderhoud	Transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, euro3 {RER}   market for transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO3   Cut-off, U	NMD 3.5 / EI3.6	1,85E-12	tkm	Transport onderhoud
A1-A3	Windturbine netwerk	Wind turbine network connection, 2MW, onshore {GLO}   market for network connection, turbine 2MW, onshore   Cut-off, U	NMD 3.5 / EI3.6	1,21E-08	p	Overgenomen uit Ecoinvent onshore wind
A1-A3	Windturbine constructie	Wind turbine, 2MW, onshore {GLO}   construction   Cut-off, U (TOEVOEGING C1-C4 NAAR BPM)	NMD 3.5 / EI3.6, afvalverwerkingsprocessen uit EI profiel en specifiek gemodelleerd	1,21E-08	p	Overgenomen uit Ecoinvent onshore wind
A1-A3 (C2)	C2, transport voor afvalverwerking	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO})   market group for transport, freight, lorry, unspecified   Cut-off, U	NMD 3.5 / EI3.6	7,29E-04	tkm	Forfaitaire afstanden NMD
A1-A3 (C3)	C3, bewerking tbv recycling	0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed {RER})   sorting and pressing of iron scrap   Cut-off, U	NMD 3.5 / EI3.6	3,02E-03	kg	Forfaitair recycling scenario NMD voor staal
A1-A3 (C4)	C4, verbranden aluminium	0255-avC&Verbranden aluminium (o.b.v. Scrap aluminium {Europe without Switzerland})   treatment of scrap aluminium, municipal incineration   Cut-off, U	NMD 3.5 / EI3.6	6,10E-07	kg	AVI zonder energierugwinning
A1-A3 (C4)	C3, AVI kunststoffen	0264-avC&Verbranden kunststoffen (28.67 MJ/kg) (o.b.v. o.b.v. mix 21% PE, 21% PP, 20% PVC, 17% PS en 21% mixture)	NMD 3.5 / EI3.6	3,24E-04	kg	AVI met energierugwinning
A1-A3 (C4)	C4, stort RVS/low alloyed, koper, gietijzer	0248-sto&Stort koper, lood, verzinkt staal, zink (o.b.v. Scrap tin sheet {CH})   treatment of, sanitary landfill   Cut-off, U, bij gebrek aan passender proces	NMD 3.5 / EI3.6	1,58E-04	kg	Stort
A4	Transport elektriciteit en conversie high voltage naar low voltage			0,4779	kWh	4,8% conversie en transport verlies, evenredig over alle A1-A3 bronnen
A4	Transport, elektriciteitsnet	Materialisatie elektriciteitsnet; per kWh aan huis [NL] (A4)	NMD 3.5 / EI 3.6	1,04779	kWh	Elektriciteitsnet
D	Recycling - staal	0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd ongelegeerd schroot (World Steel methode obv Steel, low-alloyed {RER&RoW})   steel production, electric, low-alloyed   Cut-off, U - Steel, unalloyed {RER&RoW})   steel production, converter, unalloyed   Cut-off, U	NMD 3.5 / EI 3.6	2,60E-03	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - netto recycling staal
D	Recycling koper	0277-reD&Module D, koper, per kg NETTO geleverd schroot (vermeden: Copper {RER})   production, primary   Cut-off, U	NMD 3.5 / EI 3.6	2,73E-05	kg	netto recycling koper
D	Recycling aluminium	0269-reD&Module D aluminium, per kg NETTO geleverd schroot (vermeden: Aluminium, cast alloy {GLO})   aluminium ingot, primary, to market   Cut-off, U; Aluminium, cast alloy {RER})   treatment of aluminium scrap, post-consumer, prepared for recycling, at refiner   Cut-off, U	NMD 3.5 / EI 3.6	4,90E-06	kg	netto recycling aluminium
D	Vermeden energie door AVI oliën	0267-avD&Vermeden energieproductie AVI, o.b.v. FOSSIELE grondstoffen, 18% elektrisch en 31% thermisch (per MJ LHV)	NMD 3.5 / EI 3.6	6,82E-03	MJ	Vermeden energie door AVI oliën (45,7MJ/kg)
D	Elektriciteitsnet	Materialisatie elektriciteitsnet; per kWh einde leven (D)	NMD 3.5 / EI 3.6	1,04779	kWh	Recycling elektriciteitsnet inclusief verliezen.

Tabel I.8: Decompositie elektriciteit, hernieuwbaar, van windturbines op land, bij consument, per kWh



## I.9 LCI Elektriciteit, hernieuwbaar, uit PV

Elektriciteit, hernieuwbaar van PV-panelen, bij consument, per kWh						
Fase	Materiaal c.q. proces	Milieuprofiel	Database/ bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
A1-A3	Kinetische energie	Energy, solar, converted	NMD 3.5 / EI3.6	3,85E+00	MJ	Overgenomen uit Ecoinvent
A1-A3	<b>PV plant</b>	<b>Photovoltaic plant, 570kWp, multi-Si, on open ground (GLO) construction   Cut-off, U (C1-C4 NAAR BPM)</b>	<b>NMD 3.5 / EI3.6</b>	<b>7,46E-08</b>	<b>p</b>	<b>Aangepast einde levensscenario voor onderliggend PV mounting system</b>
A1-A3	Water	Tap water (Europe without Switzerland) market for   Cut-off, U	NMD 3.5 / EI3.7	3,30E-05	kg	
A1-A3 (C2)	C2, transport voor afvalverwerking mounting system	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified (GLO) market group for transport, freight, lorry, unspecified   Cut-off, U)	NMD 3.5 / EI3.6	2,16E-04	tkm	Forfaitaire afstanden NMD
A1-A3 (C3)	C3, bewerking tbv recycling mounting system	0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed (RER)) sorting and pressing of iron scrap   Cut-off, U)	NMD 3.5 / EI3.6	3,54E-03	kg	C3
A1-A3 (C3)	C3, verbranden kunststof (AVI), mounting system	0249-sto&Stort kunststoffen (o.b.v. mix 21% PE, 21% PP, 17% PVC, 21% PS en 20% mixture)	NMD 3.5 / EI3.6	1,74E-06	kg	C3
A1-A3 (C4)	C3, verbranden aluminium, mounting system	0255-avC&Verbranden aluminium (o.b.v. Scrap aluminium (Europe without Switzerland) treatment of scrap aluminium, municipal incineration   Cut-off, U)	NMD 3.5 / EI3.6	3,81E-05	kg	C4
A1-A3 (C4)	C4, stort staal, mounting system	0253-sto&Stort staal (o.b.v. Scrap steel (Europe without Switzerland) treatment of scrap steel, inert material landfill   Cut-off, U)	NMD 3.5 / EI3.6	1,21E-04	kg	C4
A4	Transport elektriciteit en conversie high voltage naar low voltage			0,4779	kWh	4,8% conversie en transport verlies, evenredig over alle A1-A3 bronnen
A4	Transport, elektriciteitsnet	Materialisatie elektriciteitsnet; per kWh aan huis [NL] (A4)	NMD 3.5 / EI 3.6	1,04779	kWh	Electriciteitsnet
D	Recycling - aluminium mounting system	0269-reD&Module D aluminium, per kg NETTO geleverd schroot (vermeden: Aluminium, cast alloy (GLO) aluminium ingot, primary, to market   Cut-off, U; Aluminium, cast alloy (RER) treatment of aluminium scrap, post-consumer, prepared for recycling, at refiner   Cut-off, U)	NMD 3.5 / EI 3.6	3,06E-04	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - netto recycling aluminium
D	Recycling - staal mounting system	0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd ongelegeerd schroot (World Steel methode obv Steel, low-alloyed (RER&RoW)) steel production, electric, low-alloyed   Cut-off, U - Steel, unalloyed (RER&RoW) steel production, converter, unalloyed   Cut-off, U)	NMD 3.5 / EI 3.6	2,09E-03	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - netto recycling staal
D	Vermeden energie fossiel door AVI	0267-avD&Vermeden energieproductie AVI, o.b.v. FOSSIELE grondstoffen, 18% elektrisch en 31% thermisch (per MJ LHV)	NMD 3.5 / EI 3.6	5,08E-05	kg	AVI, vermeden energie
D	Electriciteitsnet	Materialisatie elektriciteitsnet; per kWh einde leven (D)	NMD 3.5 / EI 3.6	1,04779	kWh	Recycling elektriciteitsnet inclusief verliezen.

Tabel I.9: Decompositie elektriciteit, hernieuwbaar, uit PV, bij consument, per kWh

## I.10 LCI warmtelevering hoge temperatuur

Warmtelevering, stadswarmte, Hoge temperatuur, Grijs, per MJ						
Fase	Materiaal c.q. proces	Milieu-profiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
A1-A3	Warmte uit elektriciteitscentrale gas	Heat, district or industrial, natural gas {NL}  heat and power co-generation, natural gas, combined cycle power plant, 400MW electrical   Cut-off, U	NMD 3.4 / EI3.6	5,53E-01	MJ	
A1-A3	Warmte uit elektriciteitscentrale kolen	Heat, district or industrial, other than natural gas {NL}  heat and power co-generation, hard coal   Cut-off, U	NMD 3.4 / EI3.6	1,84E-01	MJ	
A1-A3	Warmte uit hulpketels gas	Heat, district or industrial, natural gas {Europe without Switzerland}  heat production, natural gas, at industrial furnace low-NOx >100kW   Cut-off, U	NMD 3.4 / EI3.6	1,50E-01	MJ	4 vergelijkbare achtergrondmodellen, dit type boiler heeft hoogste MKI
A1-A3	Warmte uit AVI	_kopie voor AVI - Heat, district or industrial, other than natural gas {NL}  heat and power co-generation, hard coal   Cut-off, U	NMD 3.4 / EI3.6	1,12E-01	MJ	Proxy voor energiecentrale AVI. Alleen infrastructuur meegenomen, geen emissies/input brandstoffen.
A1-A3	Verwijdering centrale					Buiten beschouwing gelaten
A1-A3	Transport eindeleven centrale	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}) market group for transport, freight, lorry, unspecified   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	4,26E-07	tkm	Afaltransport, forfaitaire afstanden
A1-A3	Stort - beton	0240-sto&Stort beton, cellenbeton (o.b.v. Waste concrete {Europe without Switzerland}) treatment of waste concrete, inert material landfill   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	8,20E-09	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - beton
A1-A3	Stort - betonstaal	0253-sto&Stort staal (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland}) treatment of scrap steel, inert material landfill   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	2,78E-07	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig
A1-A3	Stort - RVS	0248-sto&Stort koper, lood, verzinkt staal, zink (o.b.v. Scrap tin sheet {CH}) treatment of, sanitary landfill   Cut-off, U, bij gebrek aan passender proces)	NMD 3.4 / EI 3.6	5,68E-08	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig
A1-A3	Recycling - beton	0270-reC&Breken, per kg steenachtig (o.b.v. SBK Breken steenachtig MRPI)	NMD 3.4 / EI 3.6	8,12E-07	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - beton
A1-A3	Recycling - betonstaal	0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed {RER}) sorting and pressing of iron scrap   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	5,00E-06	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig
A1-A3	Recycling - RVS	0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed {RER}) sorting and pressing of iron scrap   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	1,02E-06	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig
A1-A3	AVI - betonstaal	0257-avC&Verbranden staalschroot (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland}) treatment of scrap steel, municipal incineration   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	2,78E-07	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig
A1-A3	AVI - RVS	0257-avC&Verbranden staalschroot (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland}) treatment of scrap steel, municipal incineration   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	5,68E-08	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig

A4	Transport warmte	Warmteverlies				26,5% verlies, evenredig over alle bronnen
A4	HDPE, buis	0185-fab&Polyetheen, HDPE, geëxtrudeerd (o.b.v. Polyethylene, high density, granulate {GLO})   market for   Cut-off, U & Extrusion, plastic pipes {GLO}   market for   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	2,33E-05	kg	
A4	PU isolatie	0460-fab&PUR, flexibel schuim (o.b.v. Polyurethane, flexible foam {RER})   market for polyurethane, flexible foam   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	1,22E-05	kg	
A4	Staal, buis	0318-fab&Staal, warmgewalst, buis- en kokerprofielen {GLO} (86,6% primair, 13,4% secundair)	NMD 3.4 / EI 3.6	1,52E-04	kg	
A4	Aanleg warmtenetwerk	0095-pro&Diesel, gasolie, gebruik, liter (o.b.v. 35,8 MJ Diesel, burned in building machine {GLO})   processing   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	2,2268E-06	l	
A4	Elektriciteit voor transport	Nieuwe productkaart elektriciteit, grijs	NMD 3.4 / EI 3.6	0,00278	kWh	Aangepast naar nieuwe productkaart elektriciteit
A4	Verwijdering warmtenetwerk	0095-pro&Diesel, gasolie, gebruik, liter (o.b.v. 35,8 MJ Diesel, burned in building machine {GLO})   processing   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	2,2268E-06	l	Gelijk aan plaatsing
A4	Transport eindelevensfase	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO})   market group for transport, freight, lorry, unspecified   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	1,38312E-05	tkm	Afaltransport, forfaitaire afstanden
A4	Stort - staal	0253-sto&Stort staal (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland})   treatment of scrap steel, inert material landfill   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	7,59744E-06	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig
A4	Recycling - HDPE	0286-reC&verwerking kunststof voor recycling (o.b.v. Waste polyethylene, for recycling, sorted {Europe without Switzerland})   treatment of waste polyethylene, for recycling, unsorted, sorting   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	2,32676E-06	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - kunststoffen, overig
A4	Recycling - staal	0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed {RER})   sorting and pressing of iron scrap   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	0,000136754	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig
A4	AVI - HDPE	0311-avC&Verbranden PE (42,47 MJ/kg) (o.b.v. Waste polyethylene {RoW})   treatment of waste polyethylene, municipal incineration   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	2,09409E-05	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - kunststoffen, overig
A4	AVI - PU	0264-avC&Verbranden kunststoffen (28,67 MJ/kg) (o.b.v. o.b.v. mix 21% PE, 21% PP, 20% PVC, 17% PS en 21% mixture)	NMD 3.4 / EI 3.6	1,22446E-05	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - Polyurethaan (via restmateriaal)
A4	AVI - staal	0257-avC&Verbranden staalschroot (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland})   treatment of scrap steel, municipal incineration   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	7,59744E-06	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig
D	Recycling - beton	0271-reD&Module D, grind, per kg NETTO geleverd granulaat/grind (vermeden: Gravel, round {RoW})   gravel and sand quarry operation   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	8,12E-07	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - beton
D	Recycling - betonstaal	0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd ongelegeerd schroot (World Steel methode obv Steel, low-alloyed {RER&RoW})	NMD 3.4 / EI 3.6	3,34E-06	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig

		steel production, electric, low-alloyed   Cut-off, U - Steel, unalloyed {RER&RoW}  steel production, converter, unalloyed   Cut-off, U)				
D	Recycling - RVS	0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd ongelegeerd schroot (World Steel methode obv Steel, low-alloyed {RER&RoW}  steel production, electric, low-alloyed   Cut-off, U - Steel, unalloyed {RER&RoW}  steel production, converter, unalloyed   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	7,04E-07	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig
D	Recycling - HDPE	0278-reD&Module D, PE, per kg NETTO geleverd (o.b.v. vermeden Polyethylene, high density, granulate {RER}  production   Cut-off, U en kwaliteitsfactor 0,67)	NMD 3.4 / EI 3.6	2,33E-06	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - kunststoffen, overig
D	Recycling - staal, buis	0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd ongelegeerd schroot (World Steel methode obv Steel, low-alloyed {RER&RoW}  steel production, electric, low-alloyed   Cut-off, U - Steel, unalloyed {RER&RoW}  steel production, converter, unalloyed   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	1,16E-04	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig
D	energieterugwinning - HDPE & PU	0267-avD&Vermeden energieproductie AVI, o.b.v. FOSSIELE grondstoffen, 18% elektrisch en 31% thermisch (per MJ LHV)	NMD 3.4 / EI 3.6	1,24E-03	MJ	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario's kunststoffen, overig & Polyurethaan (via restmateriaal)

Tabel I.10: Decompositie Warmtelevering, stadswarmte, Hoge temperatuur, Grijs, per MJ

Warmtelevering, stadswarmte, Hoge temperatuur, Hernieuwbaar, per MJ						
Fase	Materiaal c.q. proces	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
A1-A3	Warmte uit elektriciteitscentrale gas	Heat, district or industrial, other than natural gas (NL)   heat and power co-generation, wood chips, 6667 kW, state-of-the-art 2014   Cut-off, U	NMD 3.4 / EI3.6	2,90E-01	MJ	
A1-A3	Warmte uit elektriciteitscentrale kolen	Heat, central or small-scale, other than natural gas (NL)   heat and power co-generation, biogas, gas engine   Cut-off, U	NMD 3.4 / EI3.6	2,90E-01	MJ	
A1-A3	Warmte uit hulpketels gas	Heat, district or industrial, natural gas (Europe without Switzerland)   heat production, natural gas, at industrial furnace low-NOx > 100kW   Cut-off, U	NMD 3.4 / EI3.6	1,50E-01	MJ	4 vergelijkbare achtergrondmodellen, dit type boiler heeft hoogste MKI
A1-A3	Warmte uit AVI	_kopie voor AVI - Heat, district or industrial, other than natural gas (NL)   heat and power co-generation, hard coal   Cut-off, U	NMD 3.4 / EI3.6	2,70E-01	MJ	Proxy voor energiecentrale AVI. Alleen infrastructuur meegenomen, geen emissies/input brandstoffen.
A1-A3	Verwijdering centrale					Buiten beschouwing gelaten
A1-A3	Transport eindeleven centrale	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified (GLO))   market group for transport, freight, lorry, unspecified   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	4,26E-07	tkm	Afvaltransport, forfaitaire afstanden
A1-A3	Stort - beton	0240-sto&Stort beton, cellenbeton (o.b.v. Waste concrete (Europe without Switzerland))   treatment of waste concrete, inert material landfill   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	8,20E-09	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - beton
A1-A3	Stort - betonstaal	0253-sto&Stort staal (o.b.v. Scrap steel (Europe without Switzerland))   treatment of scrap steel, inert material landfill   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	2,78E-07	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig
A1-A3	Stort - RVS	0248-sto&Stort koper, lood, verzinkt staal, zink (o.b.v. Scrap tin sheet (CH))   treatment of, sanitary landfill   Cut-off, U, bij gebrek aan passender proces)	NMD 3.4 / EI 3.6	5,68E-08	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig
A1-A3	Recycling - beton	0270-reC&Breken, per kg steenachtig (o.b.v. SBK Breken steenachtig MRPI)	NMD 3.4 / EI 3.6	8,12E-07	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - beton
A1-A3	Recycling - betonstaal	0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed (RER))   sorting and pressing of iron scrap   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	5,00E-06	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig
A1-A3	Recycling - RVS	0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed (RER))   sorting and pressing of iron scrap   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	1,02E-06	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig
A1-A3	AVI - betonstaal	0257-avC&Verbranden staalschroot (o.b.v. Scrap steel (Europe without Switzerland))   treatment of scrap steel, municipal incineration   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	2,78E-07	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig
A1-A3	AVI - RVS	0257-avC&Verbranden staalschroot (o.b.v. Scrap steel (Europe without Switzerland))   treatment of scrap steel, municipal incineration   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	5,68E-08	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig
A4	Transport warmte	Warmteverlies				26,5% verlies, evenredig over alle bronnen
A4	HDPE, buis	0185-fab&Polyetheen, HDPE, geëxtrudeerd (o.b.v. Polyethylene,	NMD 3.4 / EI 3.6	2,33E-05	kg	

		high density, granulate (GLO)  market for   Cut-off, U & Extrusion, plastic pipes (GLO)  market for   Cut-off, U)				
A4	PU isolatie	0460-fab&PUR, flexibel schuim (o.b.v. Polyurethane, flexible foam {RER}) market for polyurethane, flexible foam   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	1,22E-05	kg	
A4	Staal, buis	0318-fab&Staal, warmgewalst, buis- en kokerprofielen (GLO) (86,6% primair, 13,4% secundair)	NMD 3.4 / EI 3.6	1,52E-04	kg	
A4	Aanleg warmtenetwerk	0095-pro&Diesel, gasolie, gebruik, liter (o.b.v. 35,8 MJ Diesel, burned in building machine {GLO}) processing   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	2,2268E-06	l	
A4	Elektriciteit voor transport	Nieuwe productkaart elektriciteit, hernieuwbaar	NMD 3.4 / EI 3.6	0,00278	kWh	Aangepast naar nieuwe productkaart elektriciteit
A4	Verwijdering warmtenetwerk	0095-pro&Diesel, gasolie, gebruik, liter (o.b.v. 35,8 MJ Diesel, burned in building machine {GLO}) processing   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	2,2268E-06	l	Gelijk aan plaatsing
A4	Transport eindelevensfase	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}) market group for transport, freight, lorry, unspecified   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	1,38312E-05	tkm	Afvaltransport, forfaitaire afstanden
A4	Stort - staal	0253-sto&Stort staal (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland}) treatment of scrap steel, inert material landfill   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	7,59744E-06	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig
A4	Recycling - HDPE	0286-reC&verwerking kunststof voor recycling (o.b.v. Waste polyethylene, for recycling, sorted {Europe without Switzerland}) treatment of waste polyethylene, for recycling, unsorted, sorting   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	2,32676E-06	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - kunststoffen, overig
A4	Recycling - staal	0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed {RER}) sorting and pressing of iron scrap   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	0,000136754	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig
A4	AVI - HDPE	0311-avC&Verbranden PE (42,47 MJ/kg) (o.b.v. Waste polyethylene {RoW}) treatment of waste polyethylene, municipal incineration   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	2,09409E-05	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - kunststoffen, overig
A4	AVI - PU	0264-avC&Verbranden kunststoffen (28,67 MJ/kg) (o.b.v. o.b.v. mix 21% PE, 21% PP, 20% PVC, 17% PS en 21% mixture)	NMD 3.4 / EI 3.6	1,22446E-05	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - Polyurethaan (via restmateriaal)
A4	AVI - staal	0257-avC&Verbranden staalschroot (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland}) treatment of scrap steel, municipal incineration   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	7,59744E-06	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig
D	Recycling - beton	0271-reD&Module D, grind, per kg NETTO geleverd granulaat/grind (vermeden: Gravel, round {RoW}) gravel and sand quarry operation   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	8,12E-07	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - beton
D	Recycling - betonstaal	0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd ongelegerd schroot (World Steel methode obv Steel, low-alloyed {RER&RoW}) steel production, electric, low-alloyed   Cut-off, U - Steel, unalloyed {RER&RoW}) steel	NMD 3.4 / EI 3.6	3,34E-06	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig



		production, converter, unalloyed   Cut-off, U)				
D	Recycling - RVS	0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd ongelegeerd schroot (World Steel methode obv Steel, low-alloyed {RER&RoW}) steel production, electric, low-alloyed   Cut-off, U - Steel, unalloyed {RER&RoW}) steel production, converter, unalloyed   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	7,04E-07	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig
D	Recycling - HDPE	0278-reD&Module D, PE, per kg NETTO geleverd (o.b.v. vermeden Polyethylene, high density, granulate {RER}) production   Cut-off, U en kwaliteitsfactor 0,67)	NMD 3.4 / EI 3.6	2,33E-06	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - kunststoffen, overig
D	Recycling - staal, buis	0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd ongelegeerd schroot (World Steel methode obv Steel, low-alloyed {RER&RoW}) steel production, electric, low-alloyed   Cut-off, U - Steel, unalloyed {RER&RoW}) steel production, converter, unalloyed   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	1,16E-04	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig
D	energieterugwinning - HDPE & PU	0267-avD&Vermeden energieproductie AVI, o.b.v. FOSSIELE grondstoffen, 18% elektrisch en 31% thermisch (per MJ LHV)	NMD 3.4 / EI 3.6	1,24E-03	MJ	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario's kunststoffen, overig & Polyurethaan (via restmateriaal)

Tabel I.10: Decompositie Warmtelevering, stadswarmte, Hoge temperatuur, Hernieuwbaar, per MJ



## I.11 LCI warmtelevering lage temperatuur

Warmtelevering, stadswarmte, Lage temperatuur, per MJ						
Fase	Materiaal c.q. proces	Milieu-profiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
A1-A3	Warmte uit zonthermie	Heat, central or small-scale, other than natural gas {RoW} operation, solar collector system, Cu flat plate collector, multiple dwelling, for hot water   Cut-off, U	NMD 3.4 / EI3.6	5,00E-01	MJ	
A1-A3	Warmte uit collectieve warmtepomp	_kopie NL elektriciteit_Heat, central or small-scale, other than natural gas {Europe without Switzerland} heat production, at heat pump 30kW, allocation exergy   Cut-off, U	NMD 3.4 / EI3.6	5,00E-01	MJ	Kopie model, met Nederlandse elektriciteitsmix grijs en hernieuwbaar
A1-A3	Verwijdering centrale					Buiten beschouwing gelaten
A1-A3	Transport eindeleven centrale	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}) market group for transport, freight, lorry, unspecified   Cut-off, U	NMD 3.4 / EI 3.6	4,26E-07	tkm	Afaltransport, forfaitaire afstanden
A1-A3	Stort - beton	0240-sto&Stort beton, cellenbeton (o.b.v. Waste concrete {Europe without Switzerland}) treatment of waste concrete, inert material landfill   Cut-off, U	NMD 3.4 / EI 3.6	8,20E-09	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - beton
A1-A3	Stort - betonstaal	0253-sto&Stort staal (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland}) treatment of scrap steel, inert material landfill   Cut-off, U	NMD 3.4 / EI 3.6	2,78E-07	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig
A1-A3	Stort - RVS	0248-sto&Stort koper, lood, verzinkt staal, zink (o.b.v. Scrap tin sheet {CH}) treatment of, sanitary landfill   Cut-off, U, bij gebrek aan passender proces	NMD 3.4 / EI 3.6	5,68E-08	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig
A1-A3	Recycling - beton	0270-reC&Breken, per kg steenachtig (o.b.v. SBK Breken steenachtig MRPI)	NMD 3.4 / EI 3.6	8,12E-07	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - beton
A1-A3	Recycling - betonstaal	0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed {RER}) sorting and pressing of iron scrap   Cut-off, U	NMD 3.4 / EI 3.6	5,00E-06	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig
A1-A3	Recycling - RVS	0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed {RER}) sorting and pressing of iron scrap   Cut-off, U	NMD 3.4 / EI 3.6	1,02E-06	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig
A1-A3	AVI - betonstaal	0257-avC&Verbranden staalschroot (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland}) treatment of scrap steel, municipal incineration   Cut-off, U	NMD 3.4 / EI 3.6	2,78E-07	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig
A1-A3	AVI - RVS	0257-avC&Verbranden staalschroot (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland}) treatment of scrap steel, municipal incineration   Cut-off, U	NMD 3.4 / EI 3.6	5,68E-08	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig
A4	Transport warmte	Warmteverlies				11,4% verlies, evenredig over alle bronnen
A4	HDPE, buis	0185-fab&Polyetheen, HDPE, geëxtrudeerd (o.b.v. Polyethylene, high density, granulate {GLO}) market for   Cut-off, U & Extrusion, plastic pipes {GLO}) market for   Cut-off, U	NMD 3.4 / EI 3.6	2,33E-05	kg	
A4	PU isolatie	0460-fab&PUR, flexibel schuim (o.b.v. Polyurethane, flexible foam	NMD 3.4 / EI 3.6	1,22E-05	kg	

		{RER} market for polyurethane, flexible foam   Cut-off, U)				
A4	Staal, buis	0318-fab&Staal, warmgewalst, buis- en kokerprofielen {GLO} (86,6% primair, 13,4% secundair)	NMD 3.4 / EI 3.6	1,52E-04	kg	
A4	Aanleg warmtenetwerk	0095-pro&Diesel, gasolie, gebruik, liter (o.b.v. 35,8 MJ Diesel, burned in building machine {GLO}) processing   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	2,2268E-06	l	
A4	Elektriciteit voor transport	Nieuwe productkaart grijs/hernieuwbaar	NMD 3.4 / EI 3.6	0,00278	kWh	Met Nederlandse elektriciteitsmix grijs en hernieuwbaar
A4	Verwijdering warmtenetwerk	0095-pro&Diesel, gasolie, gebruik, liter (o.b.v. 35,8 MJ Diesel, burned in building machine {GLO}) processing   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	2,2268E-06	l	Gelijk aan plaatsing
A4	Transport eindelevensfase	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}) market group for transport, freight, lorry, unspecified   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	1,38312E-05	tkm	Afvaltransport, forfaitaire afstanden
A4	Stort - staal	0253-sto&Stort staal (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland}) treatment of scrap steel, inert material landfill   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	7,59744E-06	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig
A4	Recycling - HDPE	0286-reC&verwerking kunststof voor recycling (o.b.v. Waste polyethylene, for recycling, sorted {Europe without Switzerland}) treatment of waste polyethylene, for recycling, unsorted, sorting   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	2,32676E-06	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - kunststoffen, overig
A4	Recycling - staal	0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed {RER}) sorting and pressing of iron scrap   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	0,000136754	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig
A4	AVI - HDPE	0311-avC&Verbranden PE (42,47 MJ/kg) (o.b.v. Waste polyethylene {RoW}) treatment of waste polyethylene, municipal incineration   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	2,09409E-05	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - kunststoffen, overig
A4	AVI - PU	0264-avC&Verbranden kunststoffen (28,67 MJ/kg) (o.b.v. o.b.v. mix 21% PE, 21% PP, 20% PVC, 17% PS en 21% mixture)	NMD 3.4 / EI 3.6	1,22446E-05	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - Polyurethaan (via restmateriaal)
A4	AVI - staal	0257-avC&Verbranden staalschroot (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland}) treatment of scrap steel, municipal incineration   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	7,59744E-06	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig
D	Recycling - beton	0271-reD&Module D, grind, per kg NETTO geleverd granulaat/grind (vermeden: Gravel, round {RoW}) gravel and sand quarry operation   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	8,12E-07	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - beton
D	Recycling - betonstaal	0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd ongelegeerd schroot (World Steel methode obv Steel, low-alloyed {RER&RoW}) steel production, electric, low-alloyed   Cut-off, U - Steel, unalloyed {RER&RoW}) steel production, converter, unalloyed   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	3,34E-06	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig
D	Recycling - RVS	0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd ongelegeerd schroot (World Steel methode obv Steel, low-alloyed {RER&RoW}) steel production, electric, low-alloyed   Cut-off, U - Steel,	NMD 3.4 / EI 3.6	7,04E-07	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig

		unalloyed {RER&RoW}  steel production, converter, unalloyed   Cut-off, U)				
D	Recycling - HDPE	0278-reD&Module D, PE, per kg NETTO geleverd (o.b.v. vermeden Polyethylene, high density, granulate {RER}  production   Cut-off, U en kwaliteitsfactor 0,67)	NMD 3.4 / EI 3.6	2,33E-06	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - kunststoffen, overig
D	Recycling - staal, buis	0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd ongelegeerd schroot (World Steel methode obv Steel, low-alloyed {RER&RoW}  steel production, electric, low-alloyed   Cut-off, U - Steel, unalloyed {RER&RoW}  steel production, converter, unalloyed   Cut-off, U)	NMD 3.4 / EI 3.6	1,16E-04	kg	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario - metalen, overig
D	energieterugwinning - HDPE & PU	0267-avD&Vermeden energieproductie AVI, o.b.v. FOSSIELE grondstoffen, 18% elektrisch en 31% thermisch (per MJ LHV)	NMD 3.4 / EI 3.6	1,24E-03	MJ	Standaard eindeleven centrale - afvalscenario's kunststoffen, overig & Polyurethaan (via restmateriaal)

Tabel I.11: Decompositie Warmtelevering, stadswarmte, lage temperatuur, per MJ

## Bijlage II Gekarakteriseerde resultaten per product

## II.1 Resultaten aardgas

		Aardgas, verbrand, bij consumenten t, per m <sup>3</sup>	Materialisatie				Aardgas, verbrand, bij consumenten t, per m <sup>3</sup>
			Totaal	externe levering	A1-A3	A4	
<b>Indicatoren Set 1</b>							
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq.	9,61E-07	7,69E-07	4,72E-07	5,35E-07	0,00E+00	-4,65E-08
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq.	2,46E-02	1,53E-04	2,16E-02	3,03E-03	0,00E+00	-3,27E-05
004. global warming (GWP)	kg CO <sub>2</sub> eq.	2,62E+00	2,06E-02	5,60E-01	2,67E-01	1,79E+00	-5,30E-03
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFK-11 eq.	4,87E-07	2,18E-09	4,08E-07	7,88E-08	0,00E+00	-1,87E-10
006. photochemical oxidation (POCP)	kg ethyleen eq.	8,12E-04	1,90E-05	5,58E-04	1,98E-04	6,77E-05	-1,15E-05
007. acidification (AP)	kg SO <sub>2</sub> eq.	4,14E-03	1,28E-04	2,22E-03	3,79E-04	1,56E-03	-1,99E-05
008. eutrophication (EP)	kg PO <sub>4</sub> - eq.	5,85E-04	2,04E-05	1,51E-04	3,24E-05	4,04E-04	-2,28E-06
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DCB eq.	2,07E-01	2,66E-02	7,44E-02	2,50E-02	1,11E-01	-3,62E-03
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DCB eq.	1,66E-02	5,83E-04	1,42E-02	2,12E-03	2,02E-04	2,73E-05
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DCB eq.	5,89E+01	1,82E+00	5,15E+01	7,46E+00	2,03E-03	-1,68E-02
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DCB eq.	7,61E-04	5,00E-04	2,81E-04	1,53E-04	5,35E-05	2,73E-04
<b>Indicatoren Set 2</b>							
051. Climate change	kg CO <sub>2</sub> eq.	2,72E+00	2,07E-02	6,16E-01	3,13E-01	1,80E+00	-5,62E-03
052. Climate change - Fossil	kg CO <sub>2</sub> eq.	2,72E+00	2,10E-02	6,15E-01	3,13E-01	1,80E+00	-5,68E-03
053. Climate change - Biogenic	kg CO <sub>2</sub> eq.	4,89E-04	-2,78E-04	6,92E-04	-2,61E-04	0,00E+00	5,84E-05
054. Climate change - Land use and LU change	kg CO <sub>2</sub> eq.	1,04E-04	6,28E-05	6,75E-05	3,27E-05	0,00E+00	4,09E-06
055. Ozone depletion	kg CFC11 eq.	5,54E-07	2,59E-09	4,65E-07	8,97E-08	0,00E+00	-1,42E-10
056. Acidification	mol H <sup>+</sup> eq.	5,37E-03	1,62E-04	2,63E-03	4,55E-04	2,31E-03	-2,43E-05
057. Eutrophication, freshwater	kg P eq.	2,60E-06	1,05E-06	1,85E-06	9,70E-07	0,00E+00	-2,19E-07
058. Eutrophication, marine	kg N eq.	1,69E-03	4,28E-05	4,09E-04	8,12E-05	1,20E-03	-4,26E-06
059. Eutrophication, terrestrial	mol N eq.	1,84E-02	4,69E-04	4,47E-03	8,94E-04	1,31E-02	-5,06E-05
060. Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq.	5,86E-03	1,43E-04	2,13E-03	5,66E-04	3,19E-03	-3,28E-05
061. Resource use, minerals and metals	kg Sb eq.	9,61E-07	7,69E-07	4,72E-07	5,35E-07	0,00E+00	-4,65E-08
062. Resource use, fossils	MJ	4,55E+01	3,00E-01	3,99E+01	5,60E+00	0,00E+00	-4,00E-02
063. Water use	m <sup>3</sup> depriv.	1,75E-02	1,15E-02	1,06E-02	8,06E-03	0,00E+00	-1,12E-03
064. Particulate matter	disease inc.	1,39E-08	2,35E-09	5,91E-09	1,88E-09	6,49E-09	-3,34E-10
065. Ionising radiation	kBq U-235 eq.	2,99E-03	9,93E-04	2,15E-03	7,47E-04	0,00E+00	9,25E-05
066. Ecotoxicity, freshwater	CTUe	6,55E+00	8,98E-01	5,53E+00	1,25E+00	5,42E-03	-2,34E-01
067. Human toxicity, cancer	CTUh	7,06E-10	9,31E-11	1,04E-10	5,16E-11	5,52E-10	-1,72E-12
068. Human toxicity, non-cancer	CTUh	5,44E-09	2,37E-09	2,46E-09	1,13E-09	8,32E-10	1,02E-09
069. Land use	Pt	9,79E-01	3,91E-01	6,84E-01	3,05E-01	0,00E+00	-9,46E-03
<b>Information over grondstofgebruik</b>							
111. Energy, primary, renewable, excluding usage as material	MJ	5,58E-02	2,08E-02	3,54E-02	1,95E-02	0,00E+00	8,96E-04
113. Energy, primary, renewable, used as material	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	5,58E-02	2,08E-02	3,54E-02	1,95E-02	0,00E+00	8,96E-04
112. Energy, primary, non-renewable, excluding usage as material	MJ	5,05E+01	3,19E-01	4,43E+01	6,20E+00	0,00E+00	-4,15E-02
114. Energy, primary, non-renewable, used as material	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	5,05E+01	3,19E-01	4,43E+01	6,20E+00	0,00E+00	-4,15E-02
108. Secondary material (kg)	kg	2,19E-03	2,19E-03	1,41E-03	7,78E-04	0,00E+00	0,00E+00
109. Secondary fuel, renewable (kg)	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
110. Secondary fuel, non-renewable (kg)	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m <sup>3</sup> )	m <sup>3</sup>	5,48E-04	3,05E-04	3,44E-04	2,25E-04	0,00E+00	-2,16E-05
<b>Information over afval</b>							
106. Waste, hazardous (kg)	kg	7,25E-05	9,39E-07	6,40E-05	9,17E-06	0,00E+00	-6,75E-07
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	2,40E-02	1,98E-02	1,57E-02	8,96E-03	0,00E+00	-5,96E-04
107. Waste, radioactive (kg)	kg	3,35E-06	1,21E-06	2,40E-06	9,18E-07	0,00E+00	2,99E-08
<b>Information over outputstromen</b>							
120. Components for re-use (kg)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
121. Materials for recycling (kg)	kg	5,55E-03	5,55E-03	3,97E-03	1,59E-03	0,00E+00	0,00E+00
122. Materials for energy recovery (kg)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
123. Exported energy, electric (MJ)	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
124. Exported energy, thermal (MJ)	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
<b>Weging (1-punt score)</b>							
Milieukostenindicator (MKI)	€	0,18	0,004	0,06	0,02	0,11	-0,001

Tabel II.1: Gekarakteriseerde en gewogen resultaten, aardgas, verbrand, bij consument, per m<sup>3</sup>

## II.2 Resultaten elektriciteit, elektriciteitsnet zonder opwekkingsmiddelen

		– Elektriciteitsnet, low voltage (NL) externe levering aan huis (A4, D) (Elektriciteitsnet inclusief verliezen)	– Elektriciteitsnet, low voltage (NL) externe levering aan huis (A4) (Elektriciteitsnet inclusief verliezen)	– Elektriciteitsnet, low voltage (NL) externe levering aan huis (D) (Elektriciteitsnet inclusief verliezen)
		Totaal	A4	D
<b>Indicatoren Set 1</b>				
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq.	4,34E-07	1,12E-06	-6,86E-07
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq.	8,98E-06	1,24E-05	-3,45E-06
004. global warming (GWP)	kg CO <sub>2</sub> eq.	1,49E-03	2,03E-03	-5,35E-04
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq.	1,30E-10	1,61E-10	-3,03E-11
006. photochemical oxidation (POCP)	kg ethyleen eq.	3,56E-06	4,45E-06	-8,87E-07
007. acidification (AP)	kg SO <sub>2</sub> eq.	6,70E-05	7,36E-05	-6,62E-06
008. eutrophication (EP)	kg PO <sub>4</sub> - eq.	3,65E-06	4,21E-06	-5,66E-07
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DCB eq.	1,16E-02	1,26E-02	-1,03E-03
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DCB eq.	3,65E-04	3,95E-04	-3,05E-05
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DCB eq.	1,08E+00	1,20E+00	-1,19E-01
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DCB eq.	2,08E-03	2,07E-03	1,08E-05
<b>Indicatoren Set 2</b>				
051. Climate change	kg CO <sub>2</sub> eq.	1,54E-03	2,10E-03	-5,57E-04
052. Climate change - Fossil	kg CO <sub>2</sub> eq.	1,54E-03	2,09E-03	-5,59E-04
053. Climate change - Biogenic	kg CO <sub>2</sub> eq.	6,09E-06	3,51E-06	2,58E-06
054. Climate change - Land use and LU change	kg CO <sub>2</sub> eq.	2,22E-06	2,56E-06	-3,37E-07
055. Ozone depletion	kg CFC11 eq.	1,44E-10	1,74E-10	-2,94E-11
056. Acidification	mol H+ eq.	7,65E-05	8,44E-05	-7,92E-06
057. Eutrophication, freshwater	kg P eq.	6,01E-07	6,61E-07	-6,07E-08
058. Eutrophication, marine	kg N eq.	4,01E-06	4,88E-06	-8,67E-07
059. Eutrophication, terrestrial	mol N eq.	5,67E-05	6,87E-05	-1,21E-05
060. Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq.	1,61E-05	1,99E-05	-3,81E-06
061. Resource use, minerals and metals	kg Sb eq.	4,34E-07	1,12E-06	-6,86E-07
062. Resource use, fossils	MJ	1,59E-02	2,14E-02	-5,44E-03
063. Water use	m <sup>3</sup> depriv.	5,95E-04	8,69E-04	-2,74E-04
064. Particulate matter	disease inc.	3,63E-10	4,09E-10	-4,58E-11
065. Ionising radiation	kBq U-235 eq.	4,48E-05	5,09E-05	-6,07E-06
066. Ecotoxicity, freshwater	CTUe	6,80E-01	7,97E-01	-1,17E-01
067. Human toxicity, cancer	CTUh	3,26E-11	3,53E-11	-2,68E-12
068. Human toxicity, non-cancer	CTUh	8,08E-10	9,43E-10	-1,35E-10
069. Land use	Pt	3,04E-02	3,30E-02	-2,65E-03
<b>Information over grondstofgebruik</b>				
111. Energy, primary, renewable, excluding usage as material	MJ	4,17E-03	4,82E-03	-6,45E-04
113. Energy, primary, renewable, used as material	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	4,17E-03	4,82E-03	-6,45E-04
112. Energy, primary, non-renewable, excluding usage as material	MJ	1,69E-02	2,27E-02	-5,77E-03
114. Energy, primary, non-renewable, used as material	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	1,69E-02	2,27E-02	-5,77E-03
108. Secondary material (kg)	kg	1,30E-04	1,30E-04	0,00E+00
109. Secondary fuel, renewable (kg)	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
110. Secondary fuel, non-renewable (kg)	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m <sup>3</sup> )	m <sup>3</sup>	1,71E-05	2,40E-05	-6,85E-06
<b>Information over afval</b>				
106. Waste, hazardous (kg)	kg	1,46E-07	1,37E-07	8,63E-09
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	2,63E-03	2,79E-03	-1,52E-04
107. Waste, radioactive (kg)	kg	4,80E-08	5,66E-08	-8,58E-09
<b>Information over outputstromen</b>				
120. Components for re-use (kg)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
121. Materials for recycling (kg)	kg	4,48E-04	4,48E-04	0,00E+00
122. Materials for energy recovery (kg)	kg	3,41E-05	3,41E-05	0,00E+00
123. Exported energy, electric (MJ)	MJ	2,31E-03	2,31E-03	0,00E+00
124. Exported energy, thermal (MJ)	MJ	3,98E-03	3,98E-03	0,00E+00
<b>Weging (1-punt score)</b>				
Milieukostenindicator (MKI)	€	€ 0,0017	€ 0,0018	€ -0,0002

Tabel II.2: Elektriciteitsnet, externe levering, bij consument, per kWh



## II.3 Resultaten elektriciteit, Nederlandse mix (73% grijs, 27% hernieuwbaar)

		Elektriciteit, MIX (NL), A1- A3, A4, D	Elektriciteit, MIX (NL), EXTERNE LEVERING (A1- A3 + A4 + D)	Elektriciteit, MIX (NL), A1- A3	Elektriciteit, MIX (NL), A4	Elektriciteit, MIX (NL), D
		Totaal	Externe levering	A1-A3	A4	D
<b>Indicatoren Set 1</b>						
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq.	2,12E-06	1,96E-06	1,53E-06	1,19E-06	-6,02E-07
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq.	3,39E-03	7,03E-05	3,23E-03	1,67E-04	-1,03E-05
004. global warming (GWP)	kg CO <sub>2</sub> eq.	3,89E-01	1,14E-02	3,68E-01	2,24E-02	-1,62E-03
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFK-11 eq.	3,48E-08	1,33E-09	3,32E-08	1,75E-09	-7,05E-11
006. photochemical oxidation (POCP)	kg ethyleen eq.	7,16E-05	1,05E-05	6,65E-05	7,63E-06	-2,53E-06
007. acidification (AP)	kg SO <sub>2</sub> eq.	6,52E-04	1,23E-04	5,63E-04	1,01E-04	-1,13E-05
008. eutrophication (EP)	kg PO <sub>4</sub> - eq.	1,18E-04	1,04E-05	1,10E-04	9,45E-06	-1,03E-06
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DCB eq.	4,76E-02	2,39E-02	3,51E-02	1,43E-02	-1,85E-03
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DCB eq.	1,09E-03	5,31E-04	6,95E-04	4,29E-04	-2,87E-05
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DCB eq.	4,00E+00	1,71E+00	2,80E+00	1,33E+00	-1,37E-01
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DCB eq.	2,29E-03	2,16E-03	1,61E-04	2,08E-03	4,53E-05
<b>Indicatoren Set 2</b>						
051. Climate change	kg CO <sub>2</sub> eq.	4,07E-01	1,18E-02	3,85E-01	2,36E-02	-1,69E-03
052. Climate change - Fossil	kg CO <sub>2</sub> eq.	3,92E-01	1,17E-02	3,71E-01	2,29E-02	-1,70E-03
053. Climate change - Biogenic	kg CO <sub>2</sub> eq.	1,56E-02	4,26E-04	1,45E-02	6,98E-04	3,86E-04
054. Climate change - Land use and LU change	kg CO <sub>2</sub> eq.	5,99E-05	1,81E-05	5,60E-05	5,24E-06	-1,32E-06
055. Ozone depletion	kg CFC11 eq.	3,75E-08	1,29E-09	3,57E-08	1,88E-09	-6,59E-11
056. Acidification	mol H+ eq.	8,76E-04	1,44E-04	7,68E-04	1,21E-04	-1,35E-05
057. Eutrophication, freshwater	kg P eq.	7,93E-06	1,20E-06	7,03E-06	9,98E-07	-1,01E-07
058. Eutrophication, marine	kg N eq.	1,86E-04	1,49E-05	1,75E-04	1,32E-05	-1,79E-06
059. Eutrophication, terrestrial	mol N eq.	2,74E-03	1,78E-04	2,57E-03	1,92E-04	-2,27E-05
060. Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq.	5,84E-04	5,44E-05	5,47E-04	4,61E-05	-9,26E-06
061. Resource use, minerals and metals	kg Sb eq.	2,12E-06	1,96E-06	1,53E-06	1,19E-06	-6,02E-07
062. Resource use, fossils	MJ	6,38E+00	1,29E-01	6,09E+00	3,12E-01	-1,48E-02
063. Water use	m <sup>3</sup> depriv.	5,92E-02	7,83E-03	5,61E-02	3,55E-03	-4,51E-04
064. Particulate matter	disease inc.	4,26E-09	1,02E-09	3,79E-09	5,90E-10	-1,19E-10
065. Ionising radiation	kBq U-235 eq.	9,61E-03	4,02E-04	9,12E-03	4,87E-04	8,67E-07
066. Ecotoxicity, freshwater	CTUe	3,95E+00	1,08E+00	3,16E+00	9,48E-01	-1,55E-01
067. Human toxicity, cancer	CTUh	8,65E-11	5,48E-11	5,22E-11	3,78E-11	-3,40E-12
068. Human toxicity, non-cancer	CTUh	2,79E-09	1,46E-09	1,77E-09	1,03E-09	-1,05E-11
069. Land use	Pt	4,07E+00	1,15E+00	3,86E+00	2,18E-01	-4,39E-03
<b>Information over grondstofgebruik</b>						
111. Energy, primary, renewable, excluding usage as material	MJ	1,41E+00	2,24E-02	1,34E+00	6,90E-02	-9,95E-04
113. Energy, primary, renewable, used as material	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	1,41E+00	2,24E-02	1,34E+00	6,90E-02	-9,95E-04
112. Energy, primary, non-renewable, excluding usage as material	MJ	6,96E+00	1,37E-01	6,64E+00	3,40E-01	-1,56E-02
114. Energy, primary, non-renewable, used as material	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	6,96E+00	1,37E-01	6,64E+00	3,40E-01	-1,56E-02
108. Secondary material (kg)	kg	3,54E-04	2,61E-04	2,14E-04	1,40E-04	0,00E+00
109. Secondary fuel, renewable (kg)	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
110. Secondary fuel, non-renewable (kg)	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m <sup>3</sup> )	m <sup>3</sup>	1,97E-03	2,61E-04	1,87E-03	1,13E-04	-1,18E-05
<b>Information over afval</b>						
106. Waste, hazardous (kg)	kg	1,16E-05	5,41E-06	1,08E-05	6,54E-07	9,91E-08
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	1,16E-02	6,29E-03	8,66E-03	3,20E-03	-3,01E-04
107. Waste, radioactive (kg)	kg	9,24E-06	3,78E-07	8,78E-06	4,76E-07	-1,06E-08
<b>Information over outputstromen</b>						
120. Components for re-use (kg)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
121. Materials for recycling (kg)	kg	1,21E-03	9,15E-04	7,27E-04	4,83E-04	0,00E+00
122. Materials for energy recovery (kg)	kg	7,35E-05	7,34E-05	3,76E-05	3,59E-05	0,00E+00
123. Exported energy, electric (MJ)	MJ	2,46E-03	2,46E-03	1,37E-04	2,32E-03	0,00E+00
124. Exported energy, thermal (MJ)	MJ	4,23E-03	4,23E-03	2,36E-04	3,99E-03	0,00E+00
<b>Weging (1-punt score)</b>						
Milieukostenindicator (MKI)	€	€ 0,0287	€ 0,0037	€ 0,0258	€ 0,0032	€ -0,00032

Tabel II.3: Elektriciteit, Nederlandse mix, bij consument, per kWh (73% grijs, 27% hernieuwbaar)



## II.4 Resultaten elektriciteit grijs

		Elektriciteit grijs, low voltage (NL) (A1-A3, A4, D)	Elektriciteit grijs-EL	Elektriciteit grijs, low voltage (NL) (A1-A3)	Elektriciteit grijs, low voltage (NL) (A4)	Elektriciteit grijs, low voltage (NL) (D)
		Totaal	Externe levering	A1-A3	A4	D
<b>Indicatoren Set 1</b>						
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq.	6,59E-07	4,96E-07	2,15E-07	1,13E-06	-6,86E-07
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq.	4,53E-03	1,78E-05	4,31E-03	2,19E-04	-4,22E-06
004. global warming (GWP)	kg CO <sub>2</sub> eq.	5,08E-01	2,80E-03	4,81E-01	2,78E-02	-6,59E-04
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFK-11 eq.	4,57E-08	2,22E-10	4,34E-08	2,24E-09	-3,46E-11
006. photochemical oxidation (POCP)	kg ethyleen eq.	7,32E-05	4,78E-06	6,67E-05	7,64E-06	-1,16E-06
007. acidification (AP)	kg SO <sub>2</sub> eq.	6,33E-04	7,99E-05	5,41E-04	9,95E-05	-7,04E-06
008. eutrophication (EP)	kg PO <sub>4</sub> - eq.	1,08E-04	4,87E-06	9,98E-05	8,98E-06	-6,15E-07
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DCB eq.	4,18E-02	1,49E-02	2,89E-02	1,40E-02	-1,11E-03
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DCB eq.	1,05E-03	3,97E-04	6,53E-04	4,27E-04	-2,95E-05
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DCB eq.	4,14E+00	1,21E+00	2,92E+00	1,34E+00	-1,18E-01
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DCB eq.	2,23E-03	2,10E-03	1,33E-04	2,08E-03	1,73E-05
<b>Indicatoren Set 2</b>						
051. Climate change	kg CO <sub>2</sub> eq.	5,15E-01	2,88E-03	4,87E-01	2,85E-02	-6,89E-04
052. Climate change - Fossil	kg CO <sub>2</sub> eq.	5,15E-01	2,87E-03	4,88E-01	2,85E-02	-6,92E-04
053. Climate change - Biogenic	kg CO <sub>2</sub> eq.	1,03E-10	1,23E-05	-4,96E-04	-2,02E-05	3,96E-06
054. Climate change - Land use and LU change	kg CO <sub>2</sub> eq.	2,56E-05	3,52E-06	2,22E-05	3,62E-06	-2,39E-07
055. Ozone depletion	kg CFC11 eq.	4,92E-08	2,50E-10	4,68E-08	2,41E-09	-3,26E-11
056. Acidification	mol H+ eq.	8,02E-04	9,20E-05	6,93E-04	1,18E-04	-8,44E-06
057. Eutrophication, freshwater	kg P eq.	9,50E-06	6,96E-07	8,50E-06	1,07E-06	-6,54E-08
058. Eutrophication, marine	kg N eq.	2,05E-04	6,42E-06	1,92E-04	1,41E-05	-9,63E-07
059. Eutrophication, terrestrial	mol N eq.	2,32E-03	8,46E-05	2,16E-03	1,72E-04	-1,32E-05
060. Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq.	6,53E-04	2,44E-05	6,09E-04	4,90E-05	-4,56E-06
061. Resource use, minerals and metals	kg Sb eq.	6,59E-07	4,96E-07	2,15E-07	1,13E-06	-6,86E-07
062. Resource use, fossils	MJ	8,54E+00	3,19E-02	8,14E+00	4,10E-01	-6,37E-03
063. Water use	m3 depriv.	7,08E-02	8,79E-04	6,71E-02	4,07E-03	-3,01E-04
064. Particulate matter	disease inc.	2,25E-09	5,31E-10	1,81E-09	4,96E-10	-5,35E-11
065. Ionising radiation	kBq U-235 eq.	1,25E-02	8,93E-05	1,19E-02	6,19E-04	-3,81E-06
066. Ecotoxicity, freshwater	CTUe	3,67E+00	7,74E-01	2,86E+00	9,34E-01	-1,22E-01
067. Human toxicity, cancer	CTUh	7,04E-11	3,80E-11	3,61E-11	3,70E-11	-2,69E-12
068. Human toxicity, non-cancer	CTUh	2,21E-09	9,45E-10	1,31E-09	1,01E-09	-1,09E-10
069. Land use	Pt	3,59E-01	5,47E-02	3,14E-01	4,80E-02	-2,85E-03
<b>Information over grondstofgebruik</b>						
111. Energy, primary, renewable, excluding usage as material	MJ	2,82E-02	5,64E-03	2,29E-02	5,91E-03	-6,18E-04
113. Energy, primary, renewable, used as material	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	2,82E-02	5,64E-03	2,29E-02	5,91E-03	-6,18E-04
112. Energy, primary, non-renewable, excluding usage as material	MJ	9,32E+00	3,39E-02	8,88E+00	4,47E-01	-6,73E-03
114. Energy, primary, non-renewable, used as material	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	9,32E+00	3,39E-02	8,88E+00	4,47E-01	-6,73E-03
108. Secondary material (kg)	kg	1,75E-04	1,73E-04	4,34E-05	1,32E-04	0,00E+00
109. Secondary fuel, renewable (kg)	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
110. Secondary fuel, non-renewable (kg)	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	2,35E-03	2,63E-05	2,22E-03	1,30E-04	-7,36E-06
<b>Information over afval</b>						
106. Waste, hazardous (kg)	kg	8,48E-06	1,96E-07	7,97E-06	5,18E-07	-7,30E-09
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	9,14E-03	3,08E-03	6,22E-03	3,08E-03	-1,65E-04
107. Waste, radioactive (kg)	kg	1,20E-05	9,98E-08	1,14E-05	6,00E-07	-7,80E-09
<b>Information over outputstromen</b>						
120. Components for re-use (kg)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
121. Materials for recycling (kg)	kg	5,87E-04	5,81E-04	1,33E-04	4,54E-04	0,00E+00
122. Materials for energy recovery (kg)	kg	3,41E-05	3,41E-05	0,00E+00	3,41E-05	0,00E+00
123. Exported energy, electric (MJ)	MJ	2,31E-03	2,31E-03	0,00E+00	2,31E-03	0,00E+00
124. Exported energy, thermal (MJ)	MJ	3,98E-03	3,98E-03	0,00E+00	3,98E-03	0,00E+00
<b>Weging (1-punt score)</b>						
Milieukostenindicator (MKI)	€	€ 0,0341	€ 0,0021	€ 0,0309	€ 0,0035	€ -0,00018

Tabel II.4: Elektriciteit, Grijs, bij consument, per kWh

## II.5 Resultaten elektriciteit Nederlandse hernieuwbare mix

		Elektriciteit hernieuwbaar, MIX (NL), (A1- A3, A4, D)	Elektriciteit hernieuwbaar, MIX (NL), (A1- A3, A4, D) EXTERNE	Elektriciteit hernieuwbaar MIX, (NL) (A1- A3)	Elektriciteit hernieuwbaar MIX, (NL) (A4)	Elektriciteit hernieuwbaar MIX, low voltage (NL) (D)
		Totaal	Externe levering	A1-A3	A4	D
<b>Indicatoren Set 1</b>						
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq.	6,06E-06	5,92E-06	5,07E-06	1,36E-06	-3,75E-07
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq.	2,96E-04	2,12E-04	2,97E-04	2,66E-05	-2,68E-05
004. global warming (GWP)	kg CO <sub>2</sub> eq.	6,70E-02	3,47E-02	6,33E-02	7,87E-03	-4,22E-03
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFK-11 eq.	5,62E-09	4,32E-09	5,37E-09	4,18E-10	-1,67E-10
006. photochemical oxidation (POCP)	kg ethyleen eq.	6,75E-05	2,58E-05	6,61E-05	7,61E-06	-6,23E-06
007. acidification (AP)	kg SO <sub>2</sub> eq.	7,04E-04	2,38E-04	6,23E-04	1,03E-04	-2,27E-05
008. eutrophication (EP)	kg PO <sub>4</sub> - eq.	1,45E-04	2,55E-05	1,36E-04	1,07E-05	-2,15E-06
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DCB eq.	6,32E-02	4,82E-02	5,20E-02	1,51E-02	-3,86E-03
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DCB eq.	1,22E-03	8,92E-04	8,08E-04	4,34E-04	-2,65E-05
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DCB eq.	3,60E+00	3,04E+00	2,47E+00	1,32E+00	-1,89E-01
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DCB eq.	2,44E-03	2,34E-03	2,36E-04	2,08E-03	1,21E-04
<b>Indicatoren Set 2</b>						
051. Climate change	kg CO <sub>2</sub> eq.	1,15E-01	3,60E-02	1,09E-01	1,04E-02	-4,41E-03
052. Climate change - Fossil	kg CO <sub>2</sub> eq.	5,73E-02	3,58E-02	5,39E-02	7,80E-03	-4,44E-03
053. Climate change - Biogenic	kg CO <sub>2</sub> eq.	5,78E-02	1,60E-04	5,51E-02	2,64E-03	3,34E-05
054. Climate change - Land use and LU change	kg CO <sub>2</sub> eq.	1,53E-04	5,74E-05	1,47E-04	9,60E-06	-4,25E-06
055. Ozone depletion	kg CFC11 eq.	5,69E-09	4,08E-09	5,41E-09	4,32E-10	-1,56E-10
056. Acidification	mol H+ eq.	1,08E-03	2,83E-04	9,73E-04	1,31E-04	-2,73E-05
057. Eutrophication, freshwater	kg P eq.	3,66E-06	2,58E-06	3,05E-06	8,07E-07	-1,96E-07
058. Eutrophication, marine	kg N eq.	1,35E-04	3,80E-05	1,28E-04	1,10E-05	-4,04E-06
059. Eutrophication, terrestrial	mol N eq.	3,89E-03	4,30E-04	3,69E-03	2,45E-04	-4,86E-05
060. Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq.	3,96E-04	1,36E-04	3,80E-04	3,81E-05	-2,20E-05
061. Resource use, minerals and metals	kg Sb eq.	6,06E-06	5,92E-06	5,07E-06	1,36E-06	-3,75E-07
062. Resource use, fossils	MJ	5,47E-01	3,90E-01	5,37E-01	4,70E-02	-3,74E-02
063. Water use	m <sup>3</sup> depriv.	2,78E-02	2,66E-02	2,65E-02	2,14E-03	-8,59E-04
064. Particulate matter	disease inc.	9,69E-09	2,36E-09	9,14E-09	8,46E-10	-2,96E-10
065. Ionising radiation	kBq U-235 eq.	1,78E-03	1,25E-03	1,64E-03	1,29E-04	1,35E-05
066. Ecotoxicity, freshwater	CTUe	4,69E+00	1,92E+00	3,95E+00	9,86E-01	-2,44E-01
067. Human toxicity, cancer	CTUh	1,30E-10	1,00E-10	9,56E-11	3,99E-11	-5,31E-12
068. Human toxicity, non-cancer	CTUh	4,34E-09	2,84E-09	3,00E-09	1,09E-09	2,57E-10
069. Land use	Pt	1,41E+01	4,13E+00	1,35E+01	6,76E-01	-8,56E-03
<b>Information over grondstofgebruik</b>						
111. Energy, primary, renewable, excluding usage as material	MJ	5,15E+00	6,75E-02	4,91E+00	2,40E-01	-2,01E-03
113. Energy, primary, renewable, used as material	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	5,15E+00	6,75E-02	4,91E+00	2,40E-01	-2,01E-03
112. Energy, primary, non-renewable, excluding usage as material	MJ	5,82E-01	4,16E-01	5,72E-01	5,00E-02	-3,94E-02
114. Energy, primary, non-renewable, used as material	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	5,82E-01	4,17E-01	5,72E-01	5,00E-02	-3,94E-02
108. Secondary material (kg)	kg	8,38E-04	4,97E-04	6,75E-04	1,62E-04	0,00E+00
109. Secondary fuel, renewable (kg)	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
110. Secondary fuel, non-renewable (kg)	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m <sup>3</sup>	9,36E-04	8,96E-04	8,93E-04	6,67E-05	-2,39E-05
<b>Information over afval</b>						
106. Waste, hazardous (kg)	kg	1,99E-05	1,95E-05	1,85E-05	1,02E-06	3,87E-07
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	1,81E-02	1,50E-02	1,52E-02	3,51E-03	-6,68E-04
107. Waste, radioactive (kg)	kg	1,88E-06	1,13E-06	1,76E-06	1,41E-07	-1,80E-08
<b>Information over outputstromen</b>						
120. Components for re-use (kg)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
121. Materials for recycling (kg)	kg	2,89E-03	1,82E-03	2,33E-03	5,59E-04	0,00E+00
122. Materials for energy recovery (kg)	kg	1,80E-04	1,80E-04	1,39E-04	4,08E-05	0,00E+00
123. Exported energy, electric (MJ)	MJ	2,84E-03	2,84E-03	5,09E-04	2,34E-03	0,00E+00
124. Exported energy, thermal (MJ)	MJ	4,90E-03	4,90E-03	8,76E-04	4,02E-03	0,00E+00
<b>Weging (1-punt score)</b>						
Miliekostenindicator (MKI)	€	€ 0,0139	€ 0,0078	€ 0,0120	€ 0,0026	€ -0,00070

Tabel II.5: Elektriciteit, hernieuwbaar, bij consument, per kWh

## II.6 Resultaten elektriciteit, hernieuwbaar, uit biomassa

		Elektriciteit hernieuwbaar, uit biomassa (NL), (A1-A3, A4, D)				
		Totaal	Externe levering	A1-A3	A4	D
<b>Indicatoren Set 1</b>						
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq.	1,03E-06	5,20E-07	5,68E-07	1,15E-06	-6,86E-07
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq.	3,39E-04	3,75E-05	3,18E-04	2,76E-05	-6,08E-06
004. global warming (GWP)	kg CO <sub>2</sub> eq.	1,24E-01	8,88E-03	1,15E-01	1,03E-02	-9,60E-04
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFK-11 eq.	1,01E-08	5,28E-09	9,54E-09	6,17E-10	-4,52E-11
006. photochemical oxidation (POCP)	kg ethyleen eq.	1,63E-04	1,26E-05	1,54E-04	1,18E-05	-1,81E-06
007. acidification (AP)	kg SO <sub>2</sub> eq.	1,81E-03	1,66E-04	1,67E-03	1,53E-04	-8,08E-06
008. eutrophication (EP)	kg PO <sub>4</sub> - eq.	4,54E-04	2,57E-05	4,30E-04	2,48E-05	-7,38E-07
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DCB eq.	7,72E-02	2,11E-02	6,29E-02	1,56E-02	-1,30E-03
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DCB eq.	1,68E-03	4,63E-04	1,25E-03	4,55E-04	-2,73E-05
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DCB eq.	3,34E+00	1,30E+00	2,15E+00	1,30E+00	-1,16E-01
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DCB eq.	2,52E-03	2,15E-03	3,99E-04	2,09E-03	3,30E-05
<b>Indicatoren Set 2</b>						
051. Climate change	kg CO <sub>2</sub> eq.	2,82E-01	1,62E-02	2,65E-01	1,79E-02	-1,01E-03
052. Climate change - Fossil	kg CO <sub>2</sub> eq.	8,63E-02	7,22E-03	7,84E-02	8,97E-03	-1,02E-03
053. Climate change - Biogenic	kg CO <sub>2</sub> eq.	1,95E-01	8,91E-03	1,86E-01	8,90E-03	7,31E-06
054. Climate change - Land use and LU change	kg CO <sub>2</sub> eq.	3,84E-04	2,19E-05	3,64E-04	2,00E-05	-1,79E-09
055. Ozone depletion	kg CFC11 eq.	1,04E-08	4,43E-09	9,80E-09	6,42E-10	-4,05E-11
056. Acidification	mol H+ eq.	3,04E-03	2,35E-04	2,83E-03	2,19E-04	-9,70E-06
057. Eutrophication, freshwater	kg P eq.	4,94E-06	9,19E-07	4,16E-06	8,60E-07	-7,69E-08
058. Eutrophication, marine	kg N eq.	3,84E-04	2,41E-05	3,63E-04	2,22E-05	-1,20E-06
059. Eutrophication, terrestrial	mol N eq.	1,30E-02	6,79E-04	1,23E-02	6,57E-04	-1,59E-05
060. Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq.	1,05E-03	7,29E-05	9,85E-04	6,70E-05	-6,40E-06
061. Resource use, minerals and metals	kg Sb eq.	1,03E-06	5,20E-07	5,68E-07	1,15E-06	-6,86E-07
062. Resource use, fossils	MJ	6,33E-01	6,88E-02	5,92E-01	4,97E-02	-8,62E-03
063. Water use	m3 depriv.	5,70E-03	1,32E-03	4,95E-03	1,11E-03	-3,61E-04
064. Particulate matter	disease inc.	2,82E-08	1,81E-09	2,66E-08	1,68E-09	-7,22E-11
065. Ionising radiation	kBq U-235 eq.	2,18E-03	2,28E-04	2,03E-03	1,48E-04	1,68E-06
066. Ecotoxicity, freshwater	CTUe	1,18E+01	1,38E+00	1,07E+01	1,31E+00	-1,33E-01
067. Human toxicity, cancer	CTUh	1,64E-10	5,13E-11	1,25E-10	4,13E-11	-2,74E-12
068. Human toxicity, non-cancer	CTUh	6,83E-09	1,31E-09	5,66E-09	1,21E-09	-4,76E-11
069. Land use	Pt	4,00E+01	1,87E+00	3,81E+01	1,86E+00	-3,35E-03
<b>Information over grondstofgebruik</b>						
111. Energy, primary, renewable, excluding usage as material	MJ	8,35E+00	3,88E-01	7,97E+00	3,86E-01	-5,55E-04
113. Energy, primary, renewable, used as material	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	8,35E+00	3,88E-01	7,97E+00	3,86E-01	-5,55E-04
112. Energy, primary, non-renewable, excluding usage as material	MJ	6,72E-01	7,32E-02	6,28E-01	5,27E-02	-9,07E-03
114. Energy, primary, non-renewable, used as material	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	6,72E-01	7,32E-02	6,28E-01	5,27E-02	-9,07E-03
108. Secondary material (kg)	kg	4,50E-04	4,50E-04	3,05E-04	1,45E-04	0,00E+00
109. Secondary fuel, renewable (kg)	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
110. Secondary fuel, non-renewable (kg)	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	1,85E-04	4,27E-05	1,61E-04	3,17E-05	-8,51E-06
<b>Information over afval</b>						
106. Waste, hazardous (kg)	kg	1,65E-06	2,58E-07	1,49E-06	2,09E-07	-4,60E-08
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	2,04E-02	5,37E-03	1,70E-02	3,60E-03	-1,97E-04
107. Waste, radioactive (kg)	kg	3,05E-06	2,65E-07	2,86E-06	1,93E-07	-5,92E-09
<b>Information over outputstromen</b>						
120. Components for re-use (kg)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
121. Materials for recycling (kg)	kg	1,09E-03	1,09E-03	6,12E-04	4,77E-04	0,00E+00
122. Materials for energy recovery (kg)	kg	3,41E-05	3,41E-05	0,00E+00	3,41E-05	0,00E+00
123. Exported energy, electric (MJ)	MJ	2,31E-03	2,31E-03	0,00E+00	2,31E-03	0,00E+00
124. Exported energy, thermal (MJ)	MJ	3,98E-03	3,98E-03	0,00E+00	3,98E-03	0,00E+00
<b>Weging (1-punt score)</b>						
Milieukostenindicator (MKI)	€	€	€	€	€ -	€ -
		0,0254	0,0035	0,0226	0,0031	0,00022

Tabel II.6: Elektriciteit, hernieuwbaar, uit biomassa, bij consument, per kWh

## II.7 Resultaten elektriciteit, hernieuwbaar, van windturbines op zee

		Elektriciteit hernieuwbaar uit wind-op-zee (NL), (A1-A3, A4, D)				
		Totaal	Externe levering	A1-A3	A4	D
<b>Indicatoren Set 1</b>						
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq.	2,25E-06	2,24E-06	1,74E-06	1,20E-06	-6,94E-07
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq.	6,09E-05	5,92E-05	6,07E-05	1,53E-05	-1,52E-05
004. global warming (GWP)	kg CO <sub>2</sub> eq.	1,29E-02	9,97E-03	9,77E-03	5,31E-03	-2,22E-03
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq.	6,67E-10	6,31E-10	5,88E-10	1,89E-10	-1,10E-10
006. photochemical oxidation (POCP)	kg ethyleen eq.	9,02E-06	8,38E-06	8,47E-06	4,85E-06	-4,31E-06
007. acidification (AP)	kg SO <sub>2</sub> eq.	1,23E-04	1,22E-04	5,94E-05	7,65E-05	-1,31E-05
008. eutrophication (EP)	kg PO <sub>4</sub> - eq.	9,77E-06	9,71E-06	6,54E-06	4,53E-06	-1,29E-06
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DCB eq.	4,44E-02	4,43E-02	3,24E-02	1,42E-02	-2,19E-03
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DCB eq.	5,81E-04	5,79E-04	2,00E-04	4,05E-04	-2,45E-05
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DCB eq.	1,71E+00	1,70E+00	6,11E-01	1,23E+00	-1,34E-01
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DCB eq.	2,26E-03	2,26E-03	9,52E-05	2,08E-03	9,01E-05
<b>Indicatoren Set 2</b>						
051. Climate change	kg CO <sub>2</sub> eq.	1,34E-02	1,02E-02	1,00E-02	5,71E-03	-2,34E-03
052. Climate change - Fossil	kg CO <sub>2</sub> eq.	1,34E-02	1,02E-02	1,00E-02	5,70E-03	-2,36E-03
053. Climate change - Biogenic	kg CO <sub>2</sub> eq.	3,97E-05	3,96E-05	1,57E-05	4,27E-06	1,97E-05
054. Climate change - Land use and LU change	kg CO <sub>2</sub> eq.	1,07E-05	1,06E-05	7,15E-06	2,90E-06	6,45E-07
055. Ozone depletion	kg CFC11 eq.	7,57E-10	7,12E-10	6,51E-10	2,05E-10	-9,96E-11
056. Acidification	mol H+ eq.	1,43E-04	1,43E-04	7,13E-05	8,78E-05	-1,58E-05
057. Eutrophication, freshwater	kg P eq.	1,05E-06	1,04E-06	4,89E-07	6,85E-07	-1,29E-07
058. Eutrophication, marine	kg N eq.	1,57E-05	1,56E-05	1,24E-05	5,48E-06	-2,24E-06
059. Eutrophication, terrestrial	mol N eq.	1,74E-04	1,73E-04	1,27E-04	7,48E-05	-2,84E-05
060. Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq.	5,17E-05	5,01E-05	4,34E-05	2,20E-05	-1,38E-05
061. Resource use, minerals and metals	kg Sb eq.	2,25E-06	2,24E-06	1,74E-06	1,20E-06	-6,94E-07
062. Resource use, fossils	MJ	1,17E-01	1,13E-01	1,11E-01	2,67E-02	-2,11E-02
063. Water use	m3 depriv.	4,71E-03	4,69E-03	4,26E-03	1,07E-03	-6,26E-04
064. Particulate matter	disease inc.	9,92E-10	9,89E-10	6,98E-10	4,42E-10	-1,48E-10
065. Ionising radiation	kBq U-235 eq.	3,45E-04	3,32E-04	2,63E-04	6,36E-05	1,86E-05
066. Ecotoxicity, freshwater	CTUe	1,07E+00	1,07E+00	4,46E-01	8,18E-01	-1,93E-01
067. Human toxicity, cancer	CTUh	8,37E-11	8,37E-11	4,94E-11	3,76E-11	-3,39E-12
068. Human toxicity, non-cancer	CTUh	1,80E-09	1,80E-09	6,74E-10	9,75E-10	1,49E-10
069. Land use	Pt	7,42E-02	7,37E-02	4,47E-02	3,51E-02	-5,63E-03
<b>Information over grondstofgebruik</b>						
111. Energy, primary, renewable, excluding usage as material	MJ	4,07E+00	2,00E-01	3,88E+00	1,90E-01	-4,88E-04
113. Energy, primary, renewable, used as material	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	4,07E+00	2,00E-01	3,88E+00	1,90E-01	-4,88E-04
112. Energy, primary, non-renewable, excluding usage as material	MJ	1,25E-01	1,21E-01	1,18E-01	2,84E-02	-2,23E-02
114. Energy, primary, non-renewable, used as material	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	1,25E-01	1,21E-01	1,18E-01	2,84E-02	-2,23E-02
108. Secondary material (kg)	kg	8,51E-04	8,51E-04	6,88E-04	1,63E-04	0,00E+00
109. Secondary fuel, renewable (kg)	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
110. Secondary fuel, non-renewable (kg)	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	1,32E-04	1,31E-04	1,16E-04	2,96E-05	-1,38E-05
<b>Information over afval</b>						
106. Waste, hazardous (kg)	kg	9,79E-07	9,72E-07	9,64E-07	1,84E-07	-1,69E-07
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	1,94E-02	1,94E-02	1,62E-02	3,56E-03	-3,41E-04
107. Waste, radioactive (kg)	kg	3,58E-07	3,38E-07	2,90E-07	7,06E-08	-2,66E-09
<b>Information over outputstromen</b>						
120. Components for re-use (kg)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
121. Materials for recycling (kg)	kg	1,79E-03	1,79E-03	1,28E-03	5,09E-04	0,00E+00
122. Materials for energy recovery (kg)	kg	2,71E-04	2,71E-04	2,26E-04	4,49E-05	0,00E+00
123. Exported energy, electric (MJ)	MJ	3,20E-03	3,20E-03	8,44E-04	2,35E-03	0,00E+00
124. Exported energy, thermal (MJ)	MJ	5,50E-03	5,50E-03	1,45E-03	4,05E-03	0,00E+00
<b>Weging (1-punt score)</b>						
Milieukostenindicator (MKI)	€	€	€	€	€	€ -
		0,0056	0,0054	0,0038	0,0022	0,00039

Tabel II.7: Elektriciteit, hernieuwbaar, van windturbines op zee, bij consument, per kWh



## II.8 Resultaten elektriciteit, hernieuwbaar, van windturbines op land

		— Elektriciteit hernieuwbaar, uit wind-op-land (NL), (A1-A3, A4, D)	— Elektriciteit hernieuwbaar, uit wind-op-land (NL), (A1-A3, A4, D) Externe levering	— Elektriciteit, hernieuwbaar, wind-op-land (A1- A3)	— Elektriciteit, hernieuwbaar, wind-op-land (A4) low voltage (NL)	— Elektriciteit, hernieuwbaar, wind-op-land (D)
		Totaal	Externe levering	A1-A3	A4	D
<b>Indicatoren Set 1</b>						
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq.	2,15E-06	2,15E-06	1,66E-06	1,20E-06	-7,02E-07
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq.	8,89E-05	8,78E-05	9,99E-05	1,72E-05	-2,82E-05
004. global warming (GWP)	kg CO <sub>2</sub> eq.	1,55E-02	1,26E-02	1,44E-02	5,53E-03	-4,40E-03
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFK-11 eq.	1,09E-09	1,06E-09	1,07E-09	2,12E-10	-1,90E-10
006. photochemical oxidation (POCP)	kg ethyleen eq.	1,11E-05	1,06E-05	1,45E-05	5,14E-06	-8,57E-06
007. acidification (AP)	kg SO <sub>2</sub> eq.	1,34E-04	1,34E-04	7,75E-05	7,73E-05	-2,07E-05
008. eutrophication (EP)	kg PO <sub>4</sub> - eq.	1,21E-05	1,20E-05	9,55E-06	4,67E-06	-2,16E-06
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DCB eq.	4,46E-02	4,45E-02	3,39E-02	1,42E-02	-3,55E-03
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DCB eq.	8,04E-04	8,03E-04	4,04E-04	4,15E-04	-1,48E-05
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DCB eq.	1,87E+00	1,86E+00	7,70E-01	1,24E+00	-1,41E-01
014. Ecotoxicity, terrestic (TETP)	kg 1,4-DCB eq.	2,42E-03	2,42E-03	1,47E-04	2,08E-03	1,91E-04
<b>Indicatoren Set 2</b>						
051. Climate change	kg CO <sub>2</sub> eq.	1,61E-02	1,28E-02	1,48E-02	5,94E-03	-4,64E-03
052. Climate change - Fossil	kg CO <sub>2</sub> eq.	1,60E-02	1,28E-02	1,48E-02	5,93E-03	-4,68E-03
053. Climate change - Biogenic	kg CO <sub>2</sub> eq.	5,63E-05	5,62E-05	1,09E-05	4,04E-06	4,14E-05
054. Climate change - Land use and LU change	kg CO <sub>2</sub> eq.	1,68E-05	1,67E-05	1,17E-05	3,12E-06	2,01E-06
055. Ozone depletion	kg CFC11 eq.	1,24E-09	1,21E-09	1,18E-09	2,30E-10	-1,64E-10
056. Acidification	mol H+ eq.	1,58E-04	1,57E-04	9,39E-05	8,89E-05	-2,50E-05
057. Eutrophication, freshwater	kg P eq.	1,26E-06	1,26E-06	7,71E-07	6,98E-07	-2,11E-07
058. Eutrophication, marine	kg N eq.	1,92E-05	1,91E-05	1,73E-05	5,71E-06	-3,86E-06
059. Eutrophication, terrestrial	mol N eq.	2,14E-04	2,13E-04	1,84E-04	7,75E-05	-4,76E-05
060. Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq.	6,48E-05	6,37E-05	6,77E-05	2,32E-05	-2,60E-05
061. Resource use, minerals and metals	kg Sb eq.	2,15E-06	2,15E-06	1,66E-06	1,20E-06	-7,02E-07
062. Resource use, fossils	MJ	1,74E-01	1,72E-01	1,82E-01	3,00E-02	-3,75E-02
063. Water use	m3 depriv.	4,87E-03	4,85E-03	4,82E-03	1,10E-03	-1,05E-03
064. Particulate matter	disease inc.	1,24E-09	1,24E-09	1,06E-09	4,59E-10	-2,75E-10
065. Ionising radiation	kBq U-235 eq.	6,25E-04	6,15E-04	4,98E-04	7,48E-05	5,19E-05
066. Ecotoxicity, freshwater	CTUe	1,18E+00	1,18E+00	6,34E-01	8,27E-01	-2,79E-01
067. Human toxicity, cancer	CTUh	1,01E-10	1,01E-10	6,67E-11	3,85E-11	-4,07E-12
068. Human toxicity, non-cancer	CTUh	2,47E-09	2,47E-09	9,53E-10	9,89E-10	5,24E-10
069. Land use	Pt	3,43E-01	3,42E-01	3,04E-01	4,76E-02	-9,17E-03
<b>Information over grondstofgebruik</b>						
111. Energy, primary, renewable, excluding usage as material	MJ	4,07E+00	1,87E-02	3,88E+00	1,90E-01	-2,00E-04
113. Energy, primary, renewable, used as material	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	4,07E+00	1,87E-02	3,88E+00	1,90E-01	-2,00E-04
112. Energy, primary, non-renewable, excluding usage as material	MJ	1,86E-01	1,83E-01	1,93E-01	3,20E-02	-3,94E-02
114. Energy, primary, non-renewable, used as material	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	1,86E-01	1,83E-01	1,93E-01	3,20E-02	-3,94E-02
108. Secondary material (kg)	kg	6,61E-04	6,61E-04	5,07E-04	1,54E-04	0,00E+00
109. Secondary fuel, renewable (kg)	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
110. Secondary fuel, non-renewable (kg)	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	1,51E-04	1,51E-04	1,43E-04	3,08E-05	-2,20E-05
<b>Information over afval</b>						
106. Waste, hazardous (kg)	kg	1,14E-06	1,14E-06	1,34E-06	2,02E-07	-4,03E-07
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	1,78E-02	1,78E-02	1,49E-02	3,50E-03	-5,69E-04
107. Waste, radioactive (kg)	kg	6,25E-07	6,11E-07	5,36E-07	8,23E-08	7,23E-09
<b>Information over outputstromen</b>						
120. Components for re-use (kg)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
121. Materials for recycling (kg)	kg	3,61E-03	3,61E-03	3,02E-03	5,92E-04	0,00E+00
122. Materials for energy recovery (kg)	kg	3,74E-04	3,74E-04	3,24E-04	4,96E-05	0,00E+00
123. Exported energy, electric (MJ)	MJ	3,54E-03	3,54E-03	1,17E-03	2,37E-03	0,00E+00
124. Exported energy, thermal (MJ)	MJ	6,09E-03	6,09E-03	2,02E-03	4,08E-03	0,00E+00
<b>Weging (1-punt score)</b>						
Milieukostenindicator (MKI)	€	€ 0,0058	€ 0,0057	€ 0,0043	€ 0,0022	€ - 0,00067

Tabel II.8: Elektriciteit, hernieuwbaar, van windturbines op land, bij consument, per kWh

## II.9 Resultaten elektriciteit, hernieuwbaar, uit PV

Indicatoren Set 1		_Elektriciteit hernieuwbaar, uit SOLAR (NL), (A1-A3, A4, D)				
		Totaal	Externe levering	A1-A3	A4	D
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq.	1,82E-05	1,82E-05	1,58E-05	1,88E-06	5,37E-07
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq.	6,50E-04	6,49E-04	6,59E-04	4,39E-05	-5,34E-05
004. global warming (GWP)	kg CO <sub>2</sub> eq.	9,51E-02	9,22E-02	9,43E-02	9,35E-03	-8,55E-03
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFK-11 eq.	1,01E-08	1,01E-08	9,74E-09	6,26E-10	-3,00E-10
006. photochemical oxidation (POCP)	kg ethyleen eq.	7,58E-05	7,57E-05	7,68E-05	8,12E-06	-9,11E-06
007. acidification (AP)	kg SO <sub>2</sub> eq.	5,88E-04	5,87E-04	5,35E-04	9,92E-05	-4,60E-05
008. eutrophication (EP)	kg PO <sub>4</sub> - eq.	6,66E-05	6,65E-05	6,35E-05	7,25E-06	-4,13E-06
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DCB eq.	8,52E-02	8,51E-02	7,68E-02	1,63E-02	-7,89E-03
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DCB eq.	1,69E-03	1,69E-03	1,28E-03	4,56E-04	-4,09E-05
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DCB eq.	7,16E+00	7,15E+00	6,02E+00	1,49E+00	-3,55E-01
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DCB eq.	2,51E-03	2,51E-03	2,83E-04	2,08E-03	1,46E-04
<b>Indicatoren Set 2</b>						
051. Climate change	kg CO <sub>2</sub> eq.	9,78E-02	9,47E-02	9,68E-02	9,86E-03	-8,89E-03
052. Climate change - Fossil	kg CO <sub>2</sub> eq.	9,71E-02	9,40E-02	9,62E-02	9,82E-03	-8,93E-03
053. Climate change - Biogenic	kg CO <sub>2</sub> eq.	4,86E-04	5,01E-04	4,04E-04	2,28E-05	5,89E-05
054. Climate change - Land use and LU change	kg CO <sub>2</sub> eq.	1,89E-04	1,89E-04	1,96E-04	1,19E-05	-1,92E-05
055. Ozone depletion	kg CFC11 eq.	9,80E-09	9,80E-09	9,47E-09	6,26E-10	-2,98E-10
056. Acidification	mol H+ eq.	7,05E-04	7,04E-04	6,45E-04	1,15E-04	-5,49E-05
057. Eutrophication, freshwater	kg P eq.	7,00E-06	7,00E-06	6,38E-06	9,66E-07	-3,42E-07
058. Eutrophication, marine	kg N eq.	1,06E-04	1,06E-04	1,04E-04	9,87E-06	-8,29E-06
059. Eutrophication, terrestrial	mol N eq.	1,19E-03	1,19E-03	1,17E-03	1,24E-04	-9,56E-05
060. Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq.	3,86E-04	3,86E-04	3,86E-04	3,84E-05	-3,80E-05
061. Resource use, minerals and metals	kg Sb eq.	1,82E-05	1,82E-05	1,58E-05	1,88E-06	5,37E-07
062. Resource use, fossils	MJ	1,18E+00	1,18E+00	1,18E+00	7,77E-02	-7,69E-02
063. Water use	m3 depriv.	9,24E-02	9,24E-02	8,86E-02	5,10E-03	-1,28E-03
064. Particulate matter	disease inc.	6,39E-09	6,40E-09	6,32E-09	7,11E-10	-6,43E-10
065. Ionising radiation	kBq U-235 eq.	3,71E-03	3,71E-03	3,52E-03	2,19E-04	-2,38E-05
066. Ecotoxicity, freshwater	CTUe	4,38E+00	4,39E+00	3,75E+00	9,76E-01	-3,46E-01
067. Human toxicity, cancer	CTUh	1,64E-10	1,64E-10	1,33E-10	4,17E-11	-1,06E-11
068. Human toxicity, non-cancer	CTUh	5,78E-09	5,77E-09	4,32E-09	1,15E-09	3,14E-10
069. Land use	Pt	1,54E+01	1,54E+01	1,46E+01	7,33E-01	-1,50E-02
<b>Information over grondstofgebruik</b>						
111. Energy, primary, renewable, excluding usage as material	MJ	4,26E+00	2,20E-01	4,06E+00	1,99E-01	-6,63E-03
113. Energy, primary, renewable, used as material	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	4,26E+00	2,20E-01	4,06E+00	1,99E-01	-6,63E-03
112. Energy, primary, non-renewable, excluding usage as material	MJ	1,26E+00	1,26E+00	1,26E+00	8,28E-02	-8,11E-02
114. Energy, primary, non-renewable, used as material	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	1,26E+00	1,26E+00	1,26E+00	8,28E-02	-8,11E-02
108. Secondary material (kg)	kg	1,44E-03	1,30E-04	1,25E-03	1,90E-04	0,00E+00
109. Secondary fuel, renewable (kg)	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
110. Secondary fuel, non-renewable (kg)	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	3,15E-03	3,14E-03	3,02E-03	1,69E-04	-4,80E-05
<b>Information over afval</b>						
106. Waste, hazardous (kg)	kg	7,29E-05	7,29E-05	6,74E-05	3,36E-06	2,12E-06
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	1,56E-02	1,92E-02	1,36E-02	3,44E-03	-1,47E-03
107. Waste, radioactive (kg)	kg	3,26E-06	3,25E-06	3,12E-06	2,06E-07	-7,03E-08
<b>Information over outputstromen</b>						
120. Components for re-use (kg)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
121. Materials for recycling (kg)	kg	4,58E-03	4,48E-04	3,95E-03	6,37E-04	0,00E+00
122. Materials for energy recovery (kg)	kg	3,58E-05	3,41E-05	1,59E-06	3,42E-05	0,00E+00
123. Exported energy, electric (MJ)	MJ	2,32E-03	2,31E-03	8,00E-06	2,31E-03	0,00E+00
124. Exported energy, thermal (MJ)	MJ	4,00E-03	3,98E-03	1,38E-05	3,98E-03	0,00E+00
<b>Weging (1-punt score)</b>						
Milieukostenindicator (MKI)	€	€	€	€	€	€ -
		0,0165	0,0164	0,0153	0,0027	0,00141

Tabel II.9: Elektriciteit, hernieuwbaar, uit PV, bij consument, per kWh

## II.10 Resultaten warmtelevering hoge temperatuur (grijs)

Tabel II.10: gekarakteriseerde en gewogen resultaten, Warmte HT, grijs, bij consument, per MJ

		Warmte HT, grijs, bij consument, per MJ	Materialisatie			
			Warmte HT, grijs, bij consument, per MJ - EL	Warmte HT, grijs, bij consument, per MJ (A1- A2)	Warmte HT, grijs, bij consument, per MJ (A4)	Warmte HT, grijs, bij consument, per MJ (D)
		Totaal	externe levering	A1-A3	A4	D
<b>Indicatoren Set 1</b>						
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq.	3,08E-08	1,84E-08	1,35E-08	1,75E-08	-1,57E-10
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq.	3,89E-04	2,94E-06	2,75E-04	1,16E-04	-1,50E-06
004. global warming (GWP)	kg CO <sub>2</sub> eq.	4,46E-02	4,68E-04	3,15E-02	1,33E-02	-2,14E-04
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFK-11 eq.	3,76E-09	2,25E-11	2,66E-09	1,11E-09	-1,16E-11
006. photochemical oxidation (POCP)	kg ethyleen eq.	6,48E-06	3,55E-07	4,43E-06	2,41E-06	-3,57E-07
007. acidification (AP)	kg SO <sub>2</sub> eq.	5,17E-05	2,17E-06	3,57E-05	1,66E-05	-5,82E-07
008. eutrophication (EP)	kg PO4- eq.	9,04E-06	3,07E-07	6,26E-06	2,83E-06	-6,97E-08
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DCB eq.	2,87E-03	3,68E-04	1,93E-03	1,05E-03	-1,03E-04
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DCB eq.	5,98E-05	1,26E-05	3,46E-05	2,41E-05	1,20E-06
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DCB eq.	2,60E-01	2,04E-02	1,75E-01	8,46E-02	8,84E-04
014. Ecotoxicity, terrestic (TETP)	kg 1,4-DCB eq.	3,22E-05	1,77E-05	1,10E-05	1,29E-05	8,32E-06
<b>Indicatoren Set 2</b>						
051. Climate change	kg CO <sub>2</sub> eq.	4,52E-02	4,82E-04	3,19E-02	1,35E-02	-2,24E-04
052. Climate change - Fossil	kg CO <sub>2</sub> eq.	4,52E-02	4,79E-04	3,19E-02	1,35E-02	-2,26E-04
053. Climate change - Biogenic	kg CO <sub>2</sub> eq.	-3,74E-05	1,43E-06	-2,74E-05	-1,18E-05	1,75E-06
054. Climate change - Land use and LU change	kg CO <sub>2</sub> eq.	4,58E-06	1,74E-06	2,11E-06	2,35E-06	1,24E-07
055. Ozone depletion	kg CFC11 eq.	4,25E-09	2,32E-11	3,02E-09	1,25E-09	-1,10E-11
056. Acidification	mol H+ eq.	6,55E-05	2,64E-06	4,53E-05	2,09E-05	-7,13E-07
057. Eutrophication, freshwater	kg P eq.	9,11E-07	2,95E-08	6,34E-07	2,83E-07	-6,14E-09
058. Eutrophication, marine	kg N eq.	1,68E-05	5,29E-07	1,16E-05	5,29E-06	-1,37E-07
059. Eutrophication, terrestrial	mol N eq.	1,90E-04	5,44E-06	1,32E-04	5,93E-05	-1,59E-06
060. Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq.	5,45E-05	1,85E-06	3,78E-05	1,78E-05	-1,03E-06
061. Resource use, minerals and metals	kg Sb eq.	3,08E-08	1,84E-08	1,34E-08	1,75E-08	-1,57E-10
062. Resource use, fossils	MJ	6,80E-01	5,70E-03	4,79E-01	2,03E-01	-2,17E-03
063. Water use	m <sup>3</sup> depriv.	4,31E-03	2,63E-04	2,86E-03	1,49E-03	-3,89E-05
064. Particulate matter	disease inc.	1,97E-10	4,15E-11	1,17E-10	8,97E-11	-1,01E-11
065. Ionising radiation	kBq U-235 eq.	3,22E-04	1,42E-05	2,03E-04	1,17E-04	2,57E-06
066. Ecotoxicity, freshwater	CTUe	2,79E-01	1,61E-02	1,91E-01	9,43E-02	-5,80E-03
067. Human toxicity, cancer	CTUh	5,58E-12	2,26E-12	2,66E-12	2,94E-12	-2,60E-14
068. Human toxicity, non-cancer	CTUh	1,73E-10	5,70E-11	8,80E-11	5,23E-11	3,31E-11
069. Land use	Pt	2,96E-02	4,98E-03	2,02E-02	9,66E-03	-2,80E-04
<b>Information over grondstofgebruik</b>						
111. Energy, primary, renewable, excluding usage as material	MJ	3,99E-03	4,29E-04	2,66E-03	1,30E-03	3,10E-05
113. Energy, primary, renewable, used as material	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	3,99E-03	4,29E-04	2,66E-03	1,30E-03	3,10E-05
112. Energy, primary, non-renewable, excluding usage as material	MJ	7,46E-01	6,05E-03	5,25E-01	2,23E-01	-2,32E-03
114. Energy, primary, non-renewable, used as material	MJ	1,38E-03	1,38E-03	1,38E-03	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	7,47E-01	7,43E-03	5,27E-01	2,23E-01	-2,32E-03
108. Secondary material (kg)	kg	2,23E-05	2,37E-05	1,97E-06	2,04E-05	0,00E+00
109. Secondary fuel, renewable (kg)	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
110. Secondary fuel, non-renewable (kg)	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m <sup>3</sup> )	m <sup>3</sup>	5,92E-04	7,08E-06	4,26E-04	1,67E-04	-7,07E-07
<b>Information over afval</b>						
106. Waste, hazardous (kg)	kg	7,04E-07	2,65E-08	4,94E-07	2,31E-07	-2,16E-08
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	6,36E-04	1,18E-04	3,98E-04	2,55E-04	-1,72E-05
107. Waste, radioactive (kg)	kg	3,97E-07	1,32E-08	2,60E-07	1,36E-07	5,33E-10
<b>Information over outputstromen</b>						
120. Components for re-use (kg)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
121. Materials for recycling (kg)	kg	1,46E-04	1,51E-04	6,83E-06	1,39E-04	0,00E+00
122. Materials for energy recovery (kg)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
123. Exported energy, electric (MJ)	MJ	2,23E-04	2,23E-04	0,00E+00	2,23E-04	0,00E+00
124. Exported energy, thermal (MJ)	MJ	3,85E-04	3,85E-04	0,00E+00	3,85E-04	0,00E+00
<b>Weging (1-punt score)</b>						
Milieukostenindicator (MKI)	€	€	€	€	€	€ -
		0,0029	0,0001	0,0020	0,0009	0,00002



## II.11 Resultaten warmtelevering hoge temperatuur (hernieuwbaar)

Tabel II.11: Gekarakteriseerde en gewogen resultaten, Warmte HT, hernieuwbaar, bij consument, per MJ

		Materialisatie				
		Warmte HT, hernieuwbaar, bij consument, per MJ	Warmte HT, hernieuwbaar, bij consument, per MJ - EL	Warmte HT, hernieuwbaar, bij consument, per MJ / (A1- A3)	Warmte HT, hernieuwbaar, bij consument, per MJ / (A1- A4)	Warmte HT, hernieuwbaar, bij consument, per MJ / (D)
<b>Indicatoren Set 1</b>		Totaal	externe levering	A1-A3	A4	D
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq.	6,09E-08	2,10E-08	2,41E-08	3,70E-08	-1,57E-10
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq.	1,52E-04	3,74E-06	1,10E-04	4,42E-05	-1,50E-06
004. global warming (GWP)	kg CO <sub>2</sub> eq.	2,20E-02	5,83E-04	1,58E-02	6,42E-03	-2,14E-04
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFK-11 eq.	2,35E-09	2,09E-10	1,70E-09	6,61E-10	-1,16E-11
006. photochemical oxidation (POCP)	kg ethyleen eq.	1,02E-05	4,83E-07	7,13E-06	3,41E-06	-3,57E-07
007. acidification (AP)	kg SO <sub>2</sub> eq.	1,02E-04	3,44E-06	7,26E-05	2,98E-05	-5,82E-07
008. eutrophication (EP)	kg PO <sub>4</sub> - eq.	2,33E-05	3,96E-07	1,66E-05	6,71E-06	-6,97E-08
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DCB eq.	4,00E-03	6,01E-04	2,67E-03	1,43E-03	-1,03E-04
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DCB eq.	7,64E-05	1,41E-05	4,57E-05	2,95E-05	1,20E-06
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DCB eq.	1,64E-01	2,49E-02	1,04E-01	5,86E-02	8,84E-04
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DCB eq.	4,02E-05	1,88E-05	1,63E-05	1,56E-05	8,32E-06
<b>Indicatoren Set 2</b>						
051. Climate change	kg CO <sub>2</sub> eq.	3,61E-02	6,01E-04	2,61E-02	1,02E-02	-2,24E-04
052. Climate change - Fossil	kg CO <sub>2</sub> eq.	2,00E-02	5,97E-04	1,43E-02	5,93E-03	-2,26E-04
053. Climate change - Biogenic	kg CO <sub>2</sub> eq.	1,60E-02	2,04E-06	1,17E-02	4,26E-03	1,75E-06
054. Climate change - Land use and LU change	kg CO <sub>2</sub> eq.	1,82E-05	1,84E-06	1,17E-05	6,43E-06	1,24E-07
055. Ozone depletion	kg CFC11 eq.	2,61E-09	1,75E-10	1,89E-09	7,30E-10	-1,10E-11
056. Acidification	mol H <sup>+</sup> eq.	1,66E-04	4,18E-06	1,19E-04	4,77E-05	-7,13E-07
057. Eutrophication, freshwater	kg P eq.	2,73E-07	3,66E-08	1,76E-07	1,04E-07	-6,14E-09
058. Eutrophication, marine	kg N eq.	2,11E-05	6,83E-07	1,48E-05	6,42E-06	-1,37E-07
059. Eutrophication, terrestrial	mol N eq.	6,80E-04	7,47E-06	4,90E-04	1,91E-04	-1,59E-06
060. Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq.	6,11E-05	2,46E-06	4,27E-05	1,94E-05	-1,03E-06
061. Resource use, minerals and metals	kg Sb eq.	6,09E-08	2,10E-08	2,41E-08	3,70E-08	-1,57E-10
062. Resource use, fossils	MJ	2,84E-01	7,11E-03	2,04E-01	8,20E-02	-2,17E-03
063. Water use	m <sup>3</sup> depriv.	7,03E-04	2,89E-04	2,92E-04	4,50E-04	-3,89E-05
064. Particulate matter	disease inc.	1,39E-09	5,03E-11	9,77E-10	4,22E-10	-1,01E-11
065. Ionising radiation	kBq U-235 eq.	2,67E-04	1,86E-05	1,84E-04	8,06E-05	2,57E-06
066. Ecotoxicity, freshwater	CTUe	4,95E-01	3,14E-02	3,42E-01	1,59E-01	-5,80E-03
067. Human toxicity, cancer	CTUh	8,99E-12	2,74E-12	4,98E-12	4,04E-12	-2,60E-14
068. Human toxicity, non-cancer	CTUh	3,41E-10	6,30E-11	2,05E-10	1,03E-10	3,31E-11
069. Land use	Pt	1,58E+00	5,86E-03	1,11E+00	4,72E-01	-2,80E-04
<b>Information over grondstofgebruik</b>						
111. Energy, primary, renewable, excluding usage as material	MJ	3,38E-01	5,88E-04	2,33E-01	1,05E-01	3,10E-05
113. Energy, primary, renewable, used as material	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	3,38E-01	5,88E-04	2,33E-01	1,05E-01	3,10E-05
112. Energy, primary, non-renewable, excluding usage as material	MJ	3,13E-01	7,54E-03	2,25E-01	9,01E-02	-2,32E-03
114. Energy, primary, non-renewable, used as material	MJ	1,38E-03	1,38E-03	1,38E-03	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	3,14E-01	8,92E-03	2,27E-01	9,01E-02	-2,32E-03
108. Secondary material (kg)	kg	2,74E-05	2,99E-05	4,17E-06	2,07E-05	0,00E+00
109. Secondary fuel, renewable (kg)	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
110. Secondary fuel, non-renewable (kg)	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m <sup>3</sup> )	m <sup>3</sup>	2,66E-05	8,04E-06	1,33E-05	1,40E-05	-7,07E-07
<b>Information over afval</b>						
106. Waste, hazardous (kg)	kg	4,42E-07	3,06E-08	2,78E-07	1,86E-07	-2,16E-08
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	9,87E-04	1,97E-04	6,27E-04	3,77E-04	-1,72E-05
107. Waste, radioactive (kg)	kg	3,37E-07	1,73E-08	2,36E-07	1,01E-07	5,33E-10
<b>Information over outputstromen</b>						
120. Components for re-use (kg)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
121. Materials for recycling (kg)	kg	1,61E-04	1,68E-04	1,31E-05	1,40E-04	0,00E+00
122. Materials for energy recovery (kg)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
123. Exported energy, electric (MJ)	MJ	2,23E-04	2,23E-04	0,00E+00	2,23E-04	0,00E+00
124. Exported energy, thermal (MJ)	MJ	3,85E-04	3,85E-04	0,00E+00	3,85E-04	0,00E+00
<b>Weging (1-punt score)</b>						
Milieukostenindicator (MKI)	€	€ 0,00214	€ 0,0001	€ 0,0015	€ 0,0007	€ - 0,00002

## II.12 Resultaten warmtelevering lage temperatuur (grijs)

Tabel II.7: Gekarakteriseerde en gewogen resultaten, Warmte LT, grijs, bij consument, per MJ

		Warmte LT, grijs, bij consument, per MJ	Warmte LT, grijs, bij consument, per MJ - EL	Warmte LT, grijs, bij consument, per MJ (A1-A3)	Warmte LT, grijs, bij consument, per MJ (A4)	Warmte LT, grijs, bij consument, per MJ (D)
		Totaal	Materialisatie externe levering	A1-A3	A4	D
<b>Indicatoren Set 1</b>						
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq.	2,07E-07	2,41E-07	1,72E-07	3,48E-08	-1,57E-10
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq.	1,41E-04	1,36E-05	1,12E-04	3,08E-05	-1,50E-06
004. global warming (GWP)	kg CO <sub>2</sub> eq.	1,68E-02	2,14E-03	1,33E-02	3,71E-03	-2,14E-04
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq.	1,59E-09	3,56E-10	1,29E-09	3,18E-10	-1,16E-11
006. photochemical oxidation (POCP)	kg ethyleen eq.	4,10E-06	2,23E-06	3,23E-06	1,22E-06	-3,57E-07
007. acidification (AP)	kg SO <sub>2</sub> eq.	4,79E-05	3,10E-05	3,97E-05	8,78E-06	-5,82E-07
008. eutrophication (EP)	kg PO <sub>4</sub> - eq.	5,74E-06	2,74E-06	4,62E-06	1,19E-06	-6,97E-08
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DCB eq.	9,01E-03	8,40E-03	7,76E-03	1,35E-03	-1,03E-04
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DCB eq.	1,30E-04	1,11E-04	1,04E-04	2,49E-05	1,20E-06
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DCB eq.	5,27E-01	4,38E-01	4,47E-01	7,91E-02	8,84E-04
014. Ecotoxicity, terrestic (TETP)	kg 1,4-DCB eq.	9,15E-05	8,65E-05	6,58E-05	1,74E-05	8,32E-06
<b>Indicatoren Set 2</b>						
051. Climate change	kg CO <sub>2</sub> eq.	1,71E-02	2,19E-03	1,35E-02	3,78E-03	-2,24E-04
052. Climate change - Fossil	kg CO <sub>2</sub> eq.	1,71E-02	2,20E-03	1,35E-02	3,78E-03	-2,26E-04
053. Climate change - Biogenic	kg CO <sub>2</sub> eq.	-2,49E-05	-1,33E-05	-2,19E-05	-4,75E-06	1,75E-06
054. Climate change - Land use and LU change	kg CO <sub>2</sub> eq.	6,84E-06	5,35E-06	4,55E-06	2,17E-06	1,24E-07
055. Ozone depletion	kg CFC11 eq.	1,66E-09	3,26E-10	1,34E-09	3,34E-10	-1,10E-11
056. Acidification	mol H+ eq.	5,75E-05	3,60E-05	4,75E-05	1,07E-05	-7,13E-07
057. Eutrophication, freshwater	kg P eq.	5,44E-07	2,79E-07	4,39E-07	1,11E-07	-6,14E-09
058. Eutrophication, marine	kg N eq.	8,87E-06	3,08E-06	7,02E-06	1,99E-06	-1,37E-07
059. Eutrophication, terrestrial	mol N eq.	1,04E-04	3,86E-05	8,29E-05	2,24E-05	-1,59E-06
060. Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq.	2,96E-05	1,14E-05	2,34E-05	7,15E-06	-1,03E-06
061. Resource use, minerals and metals	kg Sb eq.	2,07E-07	2,41E-07	1,72E-07	3,48E-08	-1,57E-10
062. Resource use, fossils	MJ	2,64E-01	2,44E-02	2,09E-01	5,74E-02	-2,17E-03
063. Water use	m3 depriv.	2,82E-03	9,86E-04	2,12E-03	7,35E-04	-3,89E-05
064. Particulate matter	disease inc.	2,54E-10	1,97E-10	1,92E-10	7,21E-11	-1,01E-11
065. Ionising radiation	kBq U-235 eq.	4,30E-04	5,93E-05	3,41E-04	8,72E-05	-2,57E-06
066. Ecotoxicity, freshwater	CTUe	3,85E-01	3,01E-01	3,23E-01	6,70E-02	-5,80E-03
067. Human toxicity, cancer	CTUh	1,18E-11	1,12E-11	8,71E-12	3,10E-12	-2,60E-14
068. Human toxicity, non-cancer	CTUh	4,16E-10	3,89E-10	3,21E-10	6,20E-11	3,31E-11
069. Land use	Pt	2,22E-02	4,27E-02	1,78E-02	4,67E-03	-2,80E-04
<b>Information over grondstofgebruik</b>						
111. Energy, primary, renewable, excluding usage as material	MJ	6,43E-01	3,46E-03	5,70E-01	7,36E-02	3,10E-05
113. Energy, primary, renewable, used as material	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	6,43E-01	3,46E-03	5,70E-01	7,36E-02	3,10E-05
112. Energy, primary, non-renewable, excluding usage as material	MJ	2,88E-01	2,60E-02	2,28E-01	6,24E-02	-2,32E-03
114. Energy, primary, non-renewable, used as material	MJ	1,38E-03	1,38E-03	1,38E-03	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	2,89E-01	2,73E-02	2,29E-01	6,24E-02	-2,32E-03
108. Secondary material (kg)	kg	2,23E-05	3,61E-05	1,97E-06	2,04E-05	0,00E+00
109. Secondary fuel, renewable (kg)	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
110. Secondary fuel, non-renewable (kg)	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	9,10E-05	2,89E-05	6,96E-05	2,21E-05	-7,07E-07
<b>Information over afval</b>						
106. Waste, hazardous (kg)	kg	2,38E-06	2,29E-06	2,08E-06	3,20E-07	-2,16E-08
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	9,12E-04	8,01E-04	7,24E-04	2,05E-04	-1,72E-05
107. Waste, radioactive (kg)	kg	4,02E-07	5,66E-08	3,18E-07	8,35E-08	5,33E-10
<b>Information over outputstromen</b>						
120. Components for re-use (kg)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
121. Materials for recycling (kg)	kg	1,46E-04	1,92E-04	6,83E-06	1,39E-04	0,00E+00
122. Materials for energy recovery (kg)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
123. Exported energy, electric (MJ)	MJ	2,23E-04	2,23E-04	0,00E+00	2,23E-04	0,00E+00
124. Exported energy, thermal (MJ)	MJ	3,85E-04	3,85E-04	0,00E+00	3,85E-04	0,00E+00
<b>Weging (1-punt score)</b>						
Milieukostenindicator (MKI)	€	€	€	€	€ -	€ -
		0,0020	0,0011	0,0016	0,0004	0,00002

## II.13 Resultaten warmtelevering lage temperatuur (hernieuwbaar)

		Materialisatie				
		Totaal	externe levering	A1-A3	A4	D
<b>Indicatoren Set 1</b>						
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq.	3,62E-07	2,41E-07	2,95E-07	6,63E-08	-1,57E-10
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq.	2,52E-05	1,36E-05	1,95E-05	7,19E-06	-1,50E-06
004. global warming (GWP)	kg CO <sub>2</sub> eq.	4,30E-03	2,14E-03	3,35E-03	1,17E-03	-2,14E-04
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFK-11 eq.	5,61E-10	3,56E-10	4,65E-10	1,07E-10	-1,16E-11
006. photochemical oxidation (POCP)	kg ethyleen eq.	4,38E-06	2,23E-06	3,45E-06	1,28E-06	-3,57E-07
007. acidification (AP)	kg SO <sub>2</sub> eq.	4,77E-05	3,10E-05	3,96E-05	8,74E-06	-5,82E-07
008. eutrophication (EP)	kg PO <sub>4</sub> - eq.	6,88E-06	2,74E-06	5,52E-06	1,42E-06	-6,97E-08
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DCB eq.	1,01E-02	8,40E-03	8,65E-03	1,58E-03	-1,03E-04
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DCB eq.	1,43E-04	1,11E-04	1,14E-04	2,77E-05	1,20E-06
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DCB eq.	5,22E-01	4,38E-01	4,43E-01	7,80E-02	8,84E-04
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DCB eq.	9,98E-05	8,65E-05	7,24E-05	1,91E-05	8,32E-06
<b>Indicatoren Set 2</b>						
051. Climate change	kg CO <sub>2</sub> eq.	4,72E-03	2,19E-03	3,68E-03	1,26E-03	-2,24E-04
052. Climate change - Fossil	kg CO <sub>2</sub> eq.	4,42E-03	2,20E-03	3,45E-03	1,20E-03	-2,26E-04
053. Climate change - Biogenic	kg CO <sub>2</sub> eq.	2,87E-04	-1,33E-05	2,27E-04	5,88E-05	1,75E-06
054. Climate change - Land use and LU change	kg CO <sub>2</sub> eq.	1,31E-05	5,35E-06	9,56E-06	3,45E-06	1,24E-07
055. Ozone depletion	kg CFC11 eq.	5,35E-10	3,26E-10	4,42E-10	1,04E-10	-1,10E-11
056. Acidification	mol H+ eq.	6,01E-05	3,60E-05	4,96E-05	1,12E-05	-7,13E-07
057. Eutrophication, freshwater	kg P eq.	4,03E-07	2,79E-07	3,27E-07	8,24E-08	-6,14E-09
058. Eutrophication, marine	kg N eq.	8,81E-06	3,08E-06	6,96E-06	1,98E-06	-1,37E-07
059. Eutrophication, terrestrial	mol N eq.	1,32E-04	3,86E-05	1,05E-04	2,82E-05	-1,59E-06
060. Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq.	2,84E-05	1,14E-05	2,25E-05	6,91E-06	-1,03E-06
061. Resource use, minerals and metals	kg Sb eq.	3,62E-07	2,41E-07	2,95E-07	6,63E-08	-1,57E-10
062. Resource use, fossils	MJ	4,62E-02	2,44E-02	3,54E-02	1,30E-02	-2,17E-03
063. Water use	m <sup>3</sup> depriv.	1,67E-03	9,86E-04	1,21E-03	5,00E-04	-3,89E-05
064. Particulate matter	disease inc.	4,76E-10	1,97E-10	3,69E-10	1,17E-10	-1,01E-11
065. Ionising radiation	kBq U-235 eq.	1,45E-04	5,93E-05	1,13E-04	2,90E-05	2,57E-06
066. Ecotoxicity, freshwater	CTUe	4,85E-01	3,01E-01	4,03E-01	8,74E-02	-5,80E-03
067. Human toxicity, cancer	CTUh	1,44E-11	1,12E-11	1,08E-11	3,63E-12	-2,60E-14
068. Human toxicity, non-cancer	CTUh	4,96E-10	3,89E-10	3,85E-10	7,83E-11	3,31E-11
069. Land use	Pt	7,05E-01	4,27E-02	5,61E-01	1,44E-01	-2,80E-04
<b>Information over grondstofgebruik</b>						
111. Energy, primary, renewable, excluding usage as material	MJ	8,48E-01	3,46E-03	7,32E-01	1,15E-01	3,10E-05
113. Energy, primary, renewable, used as material	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	8,48E-01	3,46E-03	7,32E-01	1,15E-01	3,10E-05
112. Energy, primary, non-renewable, excluding usage as material	MJ	4,92E-02	2,60E-02	3,77E-02	1,38E-02	-2,32E-03
114. Energy, primary, non-renewable, used as material	MJ	1,38E-03	1,38E-03	1,38E-03	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	5,06E-02	2,73E-02	3,91E-02	1,38E-02	-2,32E-03
108. Secondary material (kg)	kg	7,25E-05	9,75E-05	2,36E-05	2,38E-05	0,00E+00
109. Secondary fuel, renewable (kg)	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
110. Secondary fuel, non-renewable (kg)	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m <sup>3</sup> )	m <sup>3</sup>	5,29E-05	2,89E-05	3,93E-05	1,43E-05	-7,07E-07
<b>Information over afval</b>						
106. Waste, hazardous (kg)	kg	2,70E-06	2,29E-06	2,33E-06	3,86E-07	-2,16E-08
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	1,30E-03	8,01E-04	1,03E-03	2,84E-04	-1,72E-05
107. Waste, radioactive (kg)	kg	1,41E-07	5,66E-08	1,10E-07	3,03E-08	5,33E-10
<b>Information over outputstromen</b>						
120. Components for re-use (kg)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
121. Materials for recycling (kg)	kg	2,93E-04	3,67E-04	6,89E-05	1,51E-04	0,00E+00
122. Materials for energy recovery (kg)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
123. Exported energy, electric (MJ)	MJ	2,23E-04	2,23E-04	0,00E+00	2,23E-04	0,00E+00
124. Exported energy, thermal (MJ)	MJ	3,85E-04	3,85E-04	0,00E+00	3,85E-04	0,00E+00
<b>Weging (1-punt score)</b>						
Milieukostenindicator (MKI)	€	€ 0,0015	€ 0,0011	€ 0,0012	€ 0,0003	€ - 0,0002

Tabel II.13: Gekarakteriseerde en gewogen resultaten, Warmte LT, hernieuwbaar, bij consument, per MJ

## Bijlage III Gespreksverslagen

### III.1 Besprekingsverslag 14 september 2021

Vergaderdatum: 14 september 2021

Project: Nieuwe productkaarten van energiedragers van de Stichting Nationale Milieudatabase

Vergaderlocatie: Kantoor LBP|SIGHT/MS Teams

Locatie:

Ons kenmerk: V086034ai.21D7ER4.hvl

Betreft: Klankbordgroep bijeenkomst 14-9-2021

Versie: 01\_001

---

#### Aanwezig op locatie

Thijs de Goede, Alba Concepts  
Machiel van Dalen, PIANOo  
John Drissen, NMD  
David Anink, W/E Adviseurs  
Jeannette Levels Vermeer, LBP|SIGHT  
Hilko van der Leij, LBP|SIGHT  
David van Nunen, LBP|SIGHT

#### Aanwezig via MS Teams

Gijs Termeer, SKAO, klimaatstichting HIER (tot 11:00)  
Menno Brouwer, RVO  
Ruben Zonnevrijlle, DGBC  
Rudy van der Helm, DGBC

#### Afwezig (wel onderdeel klankbordgroep)

Ted Luiten, ProRail  
Piet van Luijk, NMD  
Jan-Willem Groot, NMD

---

#### Voorstelronde

#### Terugblik op startgesprekken

#### Selectie energiedragers – elektriciteit

Elektriciteit - Gemiddelde netstroommix in Nederland (onbekende oorsprong). Tijdens de startgesprekken is de suggestie gedaan om deze productkaart te vervangen door de 'worst case' grijze stroom. Het is dan aan de energieleveranciers om met eigen productkaarten voor duurzamere alternatieven te komen.

- David Anink: geen voorstander van grijze stroom in plaats van oorsprong onbekend. De invloed van een gebruiker is beperkt, iemand die geen invloed op de eigen afgenomen elektriciteitsmix heeft (geen inspraak in wel/niet GvO's) heeft dan een nadeel.
- Rudy van der Helm: eens met suggestie zoals gesteld (gaan voor grijze stroom in plaats van onbekend).
- Gijs Termeer: met suggestie eens, het gebruik van de mix van onbekende oorsprong is ook niet meer mogelijk bij de CO<sub>2</sub>-prestatieladder, omdat je dan een situatie hebt waarbij een gebruiker door niks te doen, een betere score kan krijgen dan een gebruiker die aangeeft grijs te hebben.
- Thijs de Goede: let op toekomstige scenario's bij slechte categorie 3 productkaarten (ook voor groen) – in theorie kan een grijze categorie 1 kaart beter scoren dan een groene categorie 3 kaart (terwijl dat niet wenselijk/realistisch is).
- Rudy van der Helm: geen voorstander om een groene categorie 3 kaart maken, laat dit aan de energieleveranciers.
- Gijs Termeer: belangrijk om vanuit de toepassing van de kaarten te denken
- Gijs Termeer: energieleveranciers zijn al bezig met het jaarlijks rapporteren van hun mix/CO<sub>2</sub>-uitstoot, zij zijn al bezig met dergelijke verantwoording, deelname aan de NMD zou niet ver daarvan af liggen. Informeer bij energieleveranciers naar interesse voor productkaarten in de NMD (actie LBP|SIGHT).

Het advies van de klankbordgroep is om de beoogde productkaart voor netstroommix van onbekende oorsprong, te veranderen in een productkaart voor de gemiddelde grijze stroommix.

Elektriciteit - Gemiddelde groene netstroommix (hernieuwbare energie van onbekende oorsprong).

Daarbij werden de volgende vragen gesteld:

- *Algemene productkaart en/of uitsplitsing naar zon, wind, etc.?*
- *Hoe om te gaan met biomassa (bijstook) in kolencentrales?*
- *Hoe om te gaan met (buitenlandse) Garanties van Oorsprong (GvO's)? Relevant voor zowel het bepalen van de groene stroommix, systeemgrenzen en bij toepassing van de productkaart.*
- David Anink: geen voorstander opstellen van een *mix*, met name bij deze productkaart. Met losse kaarten voor de verschillende typen groene energiedragers kun je een eigen specifieke mix samenstellen.
- Voor biomassa bijstook: kijk hoe er met biomassa door EU wordt omgegaan, hou dat aan
- Gijs Termeer: maak behandeling van biomassa consistent met de handelwijze EU, maar ga ook niet compleet voorbij aan de Nederlandse discussie.
- Thijs de Goede: Kijk goed naar de complete huidige situatie bij biomassa. Er vindt bij veel eindelevensscenario's nog verbranding van houtige massa in centrales plaats, ook zijn er andere typen biomassa in gebouwde omgeving, het moet consistent zijn.

Het advies van de klankbordgroep is om losse productkaarten op te stellen, in ieder geval de data zo verwerken dat deze in een latere fase gebruikt kunnen worden in losse productkaarten.



#### Gas – Aardgas

- Bij deze productkaart zijn geen opmerkingen, (groene) varianten van deze productkaarten hebben geen hoge prioriteit. Aardgas blijft voorlopig een belangrijke productkaart.

#### Warmtenetten

- David Anink: ziet graag specifieke kaarten voor specifieke configuraties.
- Machiel van Dalen: Het gebruik van een mix is geen probleem wat betreft toekomstbestendigheid van de kaart, de configuratie van warmtenetten is in principe constant en niet aan snelle verandering onderhevig.
- Rudy van der Helm: houd wel rekening met verschillend gebruik van bronnen bij warmtenetten, het aandeel van bijvoorbeeld een piekbelastingketel kan per jaar aanzienlijk verschillen.
- Rudy van der Helm: het toevoegen van nieuwe (groenere) warmteleveringsopties zo veel mogelijk aan de markt laten, in lijn met elektriciteit.

Op dit moment kan er geen advies gegeven worden over een selectie voor productkaarten met bepaalde warmtebronnen. Het zal afhangen van de verhouding in typen warmtenetten en verschillen in milieu-impact, dit moet eerst nader worden uitgezocht (actie LBP|SIGHT) en zal bij een volgende bijeenkomst nader worden besproken.

#### **Systeemgrenzen, hoe om te gaan met (fysieke) import en export**

Voor fysieke import en export maakt de klankbordgroep de wens kenbaar om aan te sluiten bij de methoden vanuit andere partijen. Tegelijk is er de wens om het milieuprofiel zo correct mogelijk te krijgen, hierbij kan import een significant onderdeel zijn. Dit geldt zowel voor de import/export van elektriciteit als van gas.

Wij hebben drie mogelijke scenario's voorgelegd:

1. *Buiten beschouwing laten van import/export, uitgaan van Nederlandse productie (dit is de werkwijze bij de CO<sub>2</sub>-prestatieladder);*
2. *Conservatieve aanname voor buitenlandse import maken;*
3. *Productiemix van buitenland hanteren (beschikbaar in Ecoinvent).*

De Nederlandse productie zal waarschijnlijk beter zijn dan wat we importeren. Met de klankbordgroep hebben we besloten om de verschillende scenario's door te rekenen en met behulp van de resultaten een keuze te maken van de methodiek.

#### **Data gap in achtergronddata warmtenet**

- David Anink geeft een keer een warmtenet doorgerekend te hebben. Hij heeft de studiedata van dat specifieke project. Dit omvat een goede omschrijving van het warmtenet (o.a. hoeveel strekkende meter). Wij kunnen deze studie gebruiken ter referentie.
- Menno Brouwer stuurt ook enige relevante informatie.

#### **Ecoinvent**

We hebben besproken dat de achterliggende Ecoinvent data, welke gebruikt wordt voor de energiedragers, in sommige gevallen achterhaald is. De volgende aanpak kwam uit de discussie:



- Bij Ecoinvent wordt er nagekeken wanneer we een update kunnen verwachten voor de achtergronddata voor de energiedragers.
  - o Controleren of dit gebeurt bij de update naar EI 3.7 en of er binnenkort andere updates aangaande energiedragers te verwachten zijn. (actie LBP|SIGHT)
- Als er aanpassingen worden gedaan in de achtergronddata, dan dient dit op basis van een gevoeligheidsanalyse te gebeuren.

### **Omgang met productkaarten en updates**

De beoogde toepassing van de energiedragerskaarten moet helder worden benoemd met de daarbij beoogde updatefrequentie. Vanuit de klankbordgroep zijn er verschillende inzichten:

### **Toepassing energiedragerskaarten**

Voor het volgende klankbordoverleg zullen wij de beoogde toepassingen beschrijven. In dat overleg willen we hier consensus over creëren. Met dit project voor de NMD faciliteren wij de beschikbaarheid van de productkaarten, aanpassingen in het beleidskader passen niet in dit project, wel kunnen wij een advies geven aan de relevante partijen. De te behandelen vragen op gebied van toepassing zijn:

- Wat beogen we op te leveren en wat zijn de beoogde toepassingen?
- Hoe gaan de nieuwe energiekaarten landen in beleid? Gaat dit bijvoorbeeld mogelijk leiden tot een combinatie van MPG&BENG? Kan dit worden ingepast in het bouwbesluit?
  - o Hoe zou (operationele) energie een plaats moeten krijgen in de bepalingsmethode?
- Hoe zien wij de toepasbaarheid van de productkaarten van energiedragers voor nu, over 5 jaar, over 20 jaar, etc.?
- Per toepassing kan aangegeven worden hoe er dient te worden omgegaan met de energiedragerkaarten.

### **Updatefrequentie**

Categorie 1 en 2 productkaarten vervallen in de NMD na 5 jaar. Wij kunnen adviseren hiervan af te wijken met bijvoorbeeld een herziening per update van Ecoinvent of de NMD. Een aantal overwegingen moet worden meegenomen:

- jaarlijkse aanpassing geeft jaarlijks werk en fluctuerende data voor de gebruikers, maar een vijfjaarlijkse aanpassing kan in een keer een heel groot effect hebben waardoor de resultaten van de versie van december en januari niet meer vergelijkbaar zijn bijvoorbeeld.
- Een mogelijkheid is om jaarlijks de energiemix te updaten en dan per vijf jaar de totale keten opnieuw te bekijken.
- De updatefrequentie kan afhankelijk zijn van de beoogde toepassing;
- Aanpassingen moeten toegelicht worden;
- Navraag doen bij [CO<sub>2</sub>-emissiefactoren.nl/NTA8800](https://www.co2-emissiefactoren.nl/NTA8800): wat is voor hun de prikkel om CO<sub>2</sub>-factoren te updaten (actie LBP|SIGHT)

- Voor de MPG zou je de versie van de NMD kunnen vastzetten voor een tender. Ook voor de MKI-berekening kan je de data van een bepaalde datum beschouwen. Hiervoor is het geen probleem als data regelmatig geactualiseerd wordt.
- Bij opbouw van de productkaarten van energiedragers moet de energiemix update-baar gemaakt worden.

De NMD heeft de controle over de updatefrequentie van categorie 3 kaarten, het lijkt een goed idee om bepaalde momenten te kiezen voor wanneer de updates moeten plaatsvinden.

**Acties LBP|SIGHT ten aanzien volgende KBG-bijeenkomst:**

- Heldere definitie van de beoogde toepassing van de productkaarten van energiedragers.
- Op dit moment kan er geen advies gegeven worden over een selectie voor productkaarten met bepaalde warmtebronnen. Daartoe moet een eerste LCA-analyse gedaan om inzicht te krijgen in zwaartepunten en waarmee een keuze voor definitieve productkaarten kan worden gemaakt. Ook moeten de typen en verhouding van verschillende configuraties van warmtenetten in kaart worden gebracht.
- Informeer bij energieleveranciers naar interesse voor het opstellen van (groene) productkaarten voor de NMD.
- Controleren of bij de update naar Ecoinvent 3.7 of er nieuwere updates, grote veranderingen aangaande energiedragers te verwachten zijn.
- Navraag doen bij [CO<sub>2</sub>-emissiefactoren.nl/NTA8800](https://www.co2-emissiefactoren.nl/NTA8800): wat is voor hun de prikkel om CO<sub>2</sub>-factoren te updaten.

### III.2 Besprekingsverslag 28 oktober 2021

Vergaderdatum: 28 oktober 2021	Project: Nieuwe productkaarten van energiedragers van de Stichting Nationale Milieudatabase
Vergaderlocatie: MS Teams	Locatie:
Ons kenmerk: V086034ai.21FGMNG.hvl	Betreft: Notulen bijeenkomst klankbordgroep 28-10-2021
Versie: 01_001	

---

#### **Aanwezig**

Thijs de Goede, Alba Concepts  
Machiel van Dalen, PIANOo  
John Drissen, NMD  
David Anink, W/E Adviseurs (vanaf ca. 11:00)  
Jeannette Levels Vermeer, LBP|SIGHT  
Hilko van der Leij, LBP|SIGHT  
David van Nunen, LBP|SIGHT  
Gijs Termeer, SKAO, klimaatstichting HIER  
Menno Brouwer, RVO  
Piet van Luijk, NMD

#### **Afwezig (wel onderdeel klankbordgroep)**

Jan Willem Groot (alleen bij opening aanwezig)  
Ted Luiten, ProRail (alleen schriftelijke deelnemer)  
Ruben Zonnevillage, DGBC  
Rudy van der Helm, DGBC

---

*Aanvulling: reactie op vooraf ingezonden punten per mail van David Anink en Ruben Zonnevillage*

#### **Verslag bijeenkomst klankbordgroep 14 september**

Er zijn geen opmerkingen op het verslag van de klankbordgroep bijeenkomst van 14 september 2021.

#### **Toepassingsbereik productkaarten energiedragers (Energiedragers en kapitaalgoederen)**

De toepassing zoals geschetst wordt overgenomen door de klankbordgroep.

Een heldere scheiding is gewenst tussen de materialisatie (kapitaalgoederen) en de energie zelf (energiedragers). Voor NTA8800 moet het energiedeel los staan, voor de MPG moet de materialisatie (materialisatie externe levering) los zijn. De LCA wordt als geheel opgesteld, van daaruit worden twee productkaarten opgesteld, voor de energiedrager (energetisch deel) en de materialisatie externe levering (kapitaalgoederen).

Wanneer er bepaalde tekortkomingen zijn, waardoor de productkaarten minder geschikt is voor een bepaalde toepassing moet dit goed worden aangegeven.

### **Elektriciteit**

#### **Datakwaliteit**

Er worden voorlopige cijfers uit 2020 van het CBS gebruikt om de samenstelling van de elektriciteitsmix voor grijs en hernieuwbaar te bepalen. Hiervoor is gekozen om de meest recente ontwikkelingen te kunnen meenemen. Er is geen inzicht in hoeverre de definitieve cijfers mogelijk kunnen afwijken.

De recente ontwikkelingen rondom de hoge aardgasprijs doen het aandeel kolen weer toenemen, hier wordt niet specifiek rekening mee gehouden.

Achtergrondprocessen van Ecoinvent blijken over het algemeen gedateerd, met bijvoorbeeld >10 jaar voor zon-PV en >5 jaar voor windmolens. LBP|SIGHT gaat een analyse doen van de belangrijkste energiedragers binnen de twee elektriciteitsmixen, wanneer het verschil in efficiëntie tussen de achtergrondmodellen en de huidige praktijk erg hoog is wordt voorgesteld een aanpassing te doen.

#### **Import/Export**

De voorlopige berekening laat zien dat de invloed van geïmporteerde elektriciteit op de resultaten (hoogte van waarde 1-puntscore) beperkt is. De klankbordgroep besluit op dit punt om de milieu-impact van import/export buiten beschouwing te laten en alleen de grijze productiemix van Nederlandse oorsprong en de hernieuwbare productiemix van Nederlandse oorsprong te beschouwen. Dit is in lijn met de werkwijze van CO<sub>2</sub>-emissiefactoren.nl.

#### **GvO's**

Handel, import en eventuele export van Garanties van Oorsprong (GvO's) wordt buiten beschouwing gelaten bij de productkaart voor hernieuwbare elektriciteit. Er wordt alleen gekeken naar wat er daadwerkelijk in Nederland wordt geproduceerd. Op dit moment worden er ook geen Nederlandse GvO's aan het buitenland verkocht (er is vrijwel geen vraag vanuit andere landen). Dit vormt dus geen obstakel om de volledige hernieuwbare Nederlandse elektriciteitsopwekking aan Nederland toe te wijzen. Import van buitenlandse GvO's is nog steeds substantieel, maar heeft geen invloed op het milieuprofiel van de fysieke levering.

#### **Productkaarten warmte**

##### **Hoge temperatuur warmtelevering**

Gijs ter Meer: Hoe kan het dat de 1 puntscore van biogas en biomassa zo hoog is, en dat de warmte uit energiecentrale gas lager is dan de piekkel gas?

- Voor biogas en biomassa wordt feedstock geproduceerd met een significante milieu-impact (denk bijvoorbeeld aan co-vergisting). Dit zijn niet alleen reststromen die tegen lage of geen milieu-impact worden verkregen.

- Ook heeft dit te maken met een allocatievraagstuk, bij allocatie (op basis van 'exergie', een indicator van *kwaliteit* van een energiedrager) bij een kolen of gascentrale wordt een relatief hogere impact toegewezen aan de elektriciteit en aan warmte een relatief lage impact.

Aanvullende toelichting op de lage 1 puntscore bij Afvalverbrandingsinstallatie (AVI): De allocatiemethode voor de AVI is in lijn met de EN15804, waarbij warmte die bij afvalverbranding van producten vrij komt gezien wordt als een 'gratis' output uit een eindelevensproces, die vervolgens wordt in een energiecentrale (kleine impact) wordt omgezet in elektriciteit en warmte.

Thijs de Goede: voorstel om warmtelevering op te splitsen in een grijze en hernieuwbare variant. Er zit namelijk een groot verschil tussen het aandeel hernieuwbaar en fossiel per locatie.

- Kan AVI uitgesplitst worden in biogeen en fossiel? De impact is vergelijkbaar, maar kan wel een verschillend effect hebben binnen een gescheiden hernieuwbare en grijze warmtemix.

LBP|SIGHT gaat voor de volgende bijeenkomst inzicht geven in de impact van twee productkaarten voor warmtelevering: een mix van hernieuwbare en een mix van grijze bronnen. De klankbordgroep maakt dan een besluit over mogelijk twee productkaarten warmte.

Gijs ter Meer: de mix van grijs en hernieuwbaar blijft toch ook belangrijk wanneer de gebruiker de oorsprong niet weet. Als kanttekening hierbij, een mix van beide mag niet positiever zijn dan de grijze oorsprong. Anders is de algemene kaart gemakkelijk gekozen wanneer een specifieke situatie minder gunstig is.

Aanvullend wordt besloten om de hernieuwbare warmtelevering te modelleren met een piekkel (aardgas), zodat deze productkaart los kan worden gebruikt.

### **Lage temperatuur warmtelevering**

Uit analyse is gebleken dat er beperkte achtergronddata is van lage temperatuurbronnen. Ook is er beperkte kennis over configuraties (toepassing) van LT-warmtenetten, wel is er bijvoorbeeld een overzicht van mogelijke configuraties van Expertisecentrum Warmte.

Er is een mogelijke configuratie voorgesteld door LBP|SIGHT, specifiek toegespitst op nieuwbouw, met zonthermie, collectieve warmtepomp en aflevering op 30 graden Celsius. Er is een boosterwarmtepomp bij de eindgebruiker nodig in om water op te waarden naar warm tapwater.

Thijs de Goede: geeft aan dat één PVT-paneel aanbieder van plan is om zelf een productkaart op te stellen, dit heeft niet direct invloed op de energiedrager.

De klankbordgroep stelt voor dat LBP|SIGHT de impact van de voorgestelde configuratie doorrekenend, in de volgende bijeenkomst kan deze worden vergeleken met de productkaarten voor hernieuwbare en grijze hoge temperatuur warmtelevering.

Gijs Termeer: een kleinschalig warmtenet in Nagele opstelling lijkt op de opstelling zoals gepresenteerd. Er kan evt. nagevraagd worden bij warmteleveranciers wat de toekomstplannen zijn voor lage temperatuur warmtenetten.

John Drissen: Graag aanbevelingen in het rapport toevoegen. Wat is er bijvoorbeeld nodig om de lage temperatuur warmtelevering verder te specificeren of in beeld te krijgen?

## **Aardgas**

### **Wat te doen met import / export van aardgas**

De huidige keuze in modellering van import / export en wordt geaccepteerd door de klankbordgroep.

David Anink: is er iets te zeggen over de verwachte verandering van de productkaarten voor materialisatie externe levering?

- De indicatie is dat de milieu-impact hoger wordt wanneer de impact van infrastructuur bij met name import uit Rusland. Daartegenover krijgen de materialisatie externe leveringskaarten krijgen nog een module D. Dit beïnvloed de milieu-impact van materialisatie externe levering.

### **Updatefrequentie energiedragerskaarten**

Het voorstel voor een updatefrequentie van 5 jaar als basis met een 'Tenzij-principe' wordt door de klankbordgroep als positief beoordeeld.

Een 25% mixverschuiving grens als 'Tenzij' wordt gezien als een goede basis. De klankbordgroep geeft aan dat een 25% verschuiving vrij snel kan plaatsvinden.

David Anink: Met het 'Tenzij principe' kunnen we heel veel afvangen. Dit in combinatie met een updatefrequentie van 5 jaar is gangbaar. Goed inregelen van wijzigingen is wel erg belangrijk.

- Een andere 'tenzij' zou kunnen zijn op basis van de 1 puntscore jaarlijks een herberekening te doen en te bekijken of veranderingen significant zijn. Bijvoorbeeld bij 25% verschil in de bronnen doorrekenen en als de 1 puntscore dan 10% of meer afwijkt dan moeten de kaarten worden aangepast.

Hilko van der Leij: we dienen in het oog te houden dat elke aanpassing meer werk wordt wanneer Ecoinvent achtergrondprocessen worden aanpast op efficiëntie.

Gijs Termeer: in lijn met werkwijze SKAO/emissiefactoren.nl moeten wijzigende wetenschappelijke inzichten ook meegenomen worden als 'Tenzij'. Een voorbeeld kan zijn dat de wijze van allocatie bij AVI wijzigt, waardoor de milieu-impacts substantieel zouden veranderen.

## **Rondvraag**

Geen verdere opmerkingen.

## **Afsluiting en volgende stappen**



Zie ook dia, geen verdere opmerkingen. Het streven is om een fysieke bijeenkomst te organiseren.

**Acties voor volgende KBG-bijeenkomst:**

- LBP|SIGHT: definitieve berekeningen productkaarten maken en deze voorafgaand aan volgende bijeenkomst delen met KBG.
- LBP|SIGHT: elektriciteit uitrekenen zonder rekening te houden met import/export en GvO's. Aardgas zoals voorgesteld.
- LBP|SIGHT: uitsplitsing maken naar twee productkaarten voor HT-warmtelevering: een mix van hernieuwbare en een mix van grijze bronnen. De klankbordgroep maakt dan een besluit over mogelijk twee productkaarten warmte.
- LBP|SIGHT: LT-warmtelevering uitrekenen zoals voorgesteld, resultaten ook in vergelijking met de 2 HT-kaarten beschouwen en dan beslissen of deze passend is.
- NMD: navraag doen bij energieleveranciers naar bereidheid opstellen eigen productkaarten energiedragers.

*Zie volgende pagina: reactie op vooraf ingezonden punten per mail van David Anink en Ruben Zonnevrije*

Reacties op vooraf ingezonden punten per mail van David Anink en Ruben Zonnevijlle

### **Ingezonden mail David Anink - di 26-10-2021**

Alvast 2 punten die ik belangrijk vind, en die ik daarom nog eens wil checken:

1. Voor aardgas en elektriciteit kan ik me 1 landelijke mix voorstellen. Bij warmte zou ik liever een kaart per bron willen zien, waarna per situatie een mix is te maken. Dit omdat de gebouwen gekoppeld zijn aan een specifiek warmtenet waarbij de mix ook specifiek is. Wordt het nu zo opgezet?

Reactie: Zie behandeling productkaart warmte – er wordt een berekening gemaakt van warmte uit hernieuwbare bronnen en grijze bronnen.

2. Mij is niet duidelijk of er een scheiding komt in het 'materiaaldeel' dat in de MPG meegeteld wordt (materialisatie externe levering) en het 'energie-deel', waar de overige impact in zit. Aparte kaarten (en een heldere beschrijving van de scope) zijn wel gewenst, omdat ze in verschillende berekeningen gebruikt worden.

Reactie: Zie behandeling toepassingsbereik productkaarten: deze komen er.

Een derde punt betreft de updatefrequentie

3. Gezien regelmatige aanpassing van de mix (zeker als je de import meeneemt), zou je het bij elektriciteit, en eigenlijk ook gas, eigenlijk per jaar willen zien. Dit vraagt wel wat van het beheer. Ander nadeel voor de toepassing in de bouwpraktijk is dat dit ook te fluctuerende resultaten kan opleveren. Is de gedachte om naar de toepassing te differentiëren, door het voor de product epd's langer vast te zetten (updatefrequentie is 5 jaar) en voor het gebruik bij de integrale benadering van materiaal + energie (MPG+ / DPG) frequentere te updaten?

Reactie: Zie behandeling updatefrequentie, voorstel is update per 5 jaar, 'tenzij'.

### **Ingezonden mail Ruben Zonnevijlle - woe 27-10-2021**

Hierbij alvast enkele punten:

#### Toepassing

- Ik mis nog in de meegestuurde presentatie input vanuit een agendapunt van vorige keer. Mogelijk is dit punt van discussie onder agendapunt 7. Beetje de basis/aanleiding en doel dit traject, op korte en langere termijn.  
Notes vorige keer stond als actie: definitie van de beoogde toepassing van de productkaarten van energiedragers  
Reactie: Zie behandeling toepassingsbereik productkaarten in de presentatie en bovenstaande notulen
- Ik vermoed dat de basis ligt in het rapport wat wordt meegestuurd, maar ik denk dat het goed is de belangrijkste punten uit het 2020 rapport dan ook als basis op te schrijven, en met welk doel je dan nu productkaarten opstelt, jaarlijks of 5-jaarlijks bij gaat houden, etc. Hoe verhoudt dit zich bijv. tot B6 in de norm?

*Reactie: Zie behandeling toepassingsbereik productkaarten en updatefrequentie. Wij zullen dit met veel aandacht in de rapportage opnemen en voortbouwen op de conclusies uit de Achtergrondrapportage bij handreiking CO<sub>2</sub>-impact bouwwerken.*

- Het bredere plaatje dus van wat je met deze productkaarten wilt bereiken, ook aansluitend op punt 3 in onderstaande mail van David.

*Reactie: zie eerdere reacties en ook behandeling updatefrequentie.*

Verder tav hernieuwbare energie:

- Als je GVO's buiten beschouwing laat, is dat toch zo dat je wilt stimuleren dat GVO's ook een productkaart maken? Misschien expliciet ergens benoemen?

*Reactie: aan het stimuleren van energieleveranciers om eigen productkaarten op te stellen willen wij nog verder aandacht besteden (actie NMD)*

- En ik weet hier niet veel van af, maar welke 'hernieuwbare energie' houd je nog over wat niet aan GVO's is gekoppeld? Bestaat dat eigenlijk wel?

*Reactie: zie ook behandeling GvO's: deze laten wij buiten beschouwing, we gaan uit van fysieke productie in Nederland.*

### III.3 Besprekingsverslag 30 november 2021

Vergaderdatum: 30 november 2021

Project: Nieuwe productkaarten van energiedragers van de Stichting Nationale Milieudatabase

Vergaderlocatie: -

Locatie:

Ons kenmerk: V086034ai.21H5V54.hvl

Betreft: Notulen bijeenkomst klankbordgroep 30-11-2021

Versie: 01\_001

---

#### Aanwezig

Ruben Zonnevrijle, DGBC  
Machiel van Dalen, PIANOo  
John Drissen, NMD  
David Anink, W/E Adviseurs  
Jeannette Levels Vermeer, LBP|SIGHT  
Hilko van der Leij, LBP|SIGHT  
David van Nunen, LBP|SIGHT  
Gijs Termeer, SKAO, klimaatstichting HIER  
Jan Willem Groot (deels aanwezig)

#### Afwezig (wel onderdeel klankbordgroep)

Rudy van der Helm, DGBC  
Thijs de Goede, Alba Concepts  
Menno Brouwer, RVO  
Piet van Luijk, NMD  
Ted Luiten, ProRail (alleen schriftelijke deelnemer)

---

#### Opmerkingen op verslag bijeenkomst klankbordgroep 28-10-2021

Bij de aanwezigenlijst staat er bij Gijs Termeer foutief '(tot 11:00)'. Deze toevoeging is verwijderd, een nieuwe versie is verstuurd door John Drissen.

Er zijn geen verdere opmerkingen op het verslag van de klankbordgroep bijeenkomst van 28-10-2021.

#### Update uitvoering & methodiek

Algemene opmerking: in het rapport dient het toepassingsbereik van de productkaarten goed toegelicht worden, mogelijk meer expliciet. Ook de scope en de rol binnen de MPG/gebruiksfase energie (B6) moet goed worden toegelicht. Daarbij ook het onderscheid tussen toepassing van de productkaarten in LCA berekening (toepassing in bepaalde modules van de EN15804) en de scope van een energiedrager zelf (alleen modules A1-A3, A4, B en D van toepassing).

Toelichting op Module D:

De levensduur van centrales zijn meegenomen in de achtergrondprocessen van Ecoinvent.

Bijvoorbeeld: een gascentrale gaat 'x' jaar mee met een jaarlijkse opwekking van 'y' kWh. Dan wordt met deze data de 'hoeveelheid centrale' bepaald per kWh. Over dit aandeel van de centrale wordt ook de module D meegenomen voor de materialisatie externe levering.

### **Productkaart aardgas**

Toelichting op module B: de verbrandingsemissies vanuit het oogpunt van vinden plaats in B1, gezien dit de gebruiksfase is van het product 'aardgas'. Op gebouwniveau (bijvoorbeeld EN15978) wordt aardgas gedeclareerd in module B6, operationeel energieverbruik. Dit wordt verder toegelicht in het rapport.

### *Resultatenvergelijking*

Bij het tonen van de resultaten wordt toegelicht waar het verschil tussen de nieuwe en de oude berekening vandaan komt en het verschil van de GWP-indicator (CO<sub>2</sub>-eq) met de factor van CO<sub>2</sub>-emissiefactoren.nl. Dit komt doordat de import in de bestaande NMD kaart is gebaseerd op gas met voornamelijk oorsprong Europa en verbranding plaatsvindt in een industriële verbrandingsoven. In de nieuwe analyse wordt (conservatief) aangenomen dat een groot aandeel van het gas wordt geïmporteerd uit Rusland en een kleinschaligere, minder efficiënte verbrandingsinstallatie wordt gebruikt. Dit levert een hogere MKI en GWP op voor de nieuwe productkaart. Dit zal ook in het rapport worden toegelicht.

### **Productkaarten elektriciteit, grijs en hernieuwbaar**

Gijs Termeer: komt in de milieueffecten (MKI) ook de nadelen van kernafval en ontmanteling van kerncentrales terug? Jeannette Levels licht toe dat dit in de huidige weegset niet wordt meegenomen, alleen in de extra parameters (radioactief afval). Er zal in het rapport hierover een toelichting worden opgenomen, zodat kan worden ingehaakt op mogelijke kritische vragen.

David Anink: hoe om te gaan met een verschil in materialisatie externe levering voor groene en grijze stroom wat betreft de MPG? Jeannette Levels: hier moeten we nog goed over nadenken, dit komt terug bij de vergelijking op gebouwniveau.

Gijs Termeer: waarom is de GWP (CO<sub>2</sub>-eq) bij hernieuwbaar 10x lager, maar de MKI maar 2x lager? David van Nunen licht toe dat dit komt door de indicator humane toxiciteit. Dit zullen we bij de bespreking van de resultaten en zwaartepuntanalyse in het rapport verder toelichten. Hilko van der Leij: na vaststelling van de nieuwe weegset (EN 15804+A2) kan dit beeld veranderen, het is aan te raden om het effect op de energiedragers en dynamiek tussen MKI en GWP dan opnieuw te bekijken.

### **Productkaarten warmte, hoge temperatuur (HT)**

Geen opmerkingen.

### **Productkaarten warmte, lage temperatuur (LT)**

Als stimulator voor lage temperatuur warmtenetten is het goed om deze op te nemen in de NMD. Hoewel de MKI per MJ niet heel veel verschilt is er bij LT ook minder MJ nodig om een ruimte te verwarmen.

In het overleg is besloten om twee kaarten op te nemen voor het lage temperatuur warmtenet. Een kaart voor een lage temperatuur warmtenet met warmtepomp op grijze elektriciteit en een kaart voor een lage temperatuur warmtenet met warmtepomp op hernieuwbare elektriciteit.

Gijs Termeer geeft aan dat het in praktijk aannemelijk zal zijn dat een lage temperatuur warmtenet op hernieuwbaar elektriciteit opereert. Een belangrijke driver voor LT warmte is namelijk duurzaamheid. Je kan verwachten dat er dat ook hernieuwbare elektriciteit wordt gebruikt.

Verder merkt Gijs op dat voor een LT warmtenet meer isolatie in huizen nodig is, wat tot een hogere MKI zal leiden. David Anink geeft aan dat hij verwacht dat de energiebesparing en de lagere MKI de extra impact voor benodigde isolatie ruim compenseert. Dit zal echter nog moeten blijken, het is lastig om dit op voorhand met zekerheid te zeggen zonder uitgebreide analyse van verschillende gebouwen bij verschillende scenario's.

### **Analyse op gebouwniveau – impact MPG (module B6)**

De opmerking wordt gemaakt dat het verschil tussen gebouw- en gebruikersgebonden energieverbruik niet duidelijk is, in het rapport zal dit worden toegelicht, evenals de scope van het energiegebruik binnen de MPG (alleen voor klimaat, algemene verlichting).

Er is een project gaande om de referentiegebouwen BENG in de NMD in te voeren en te beheren bij nieuwe versies van de NMD. Hieraan kan ook de gebruiksfase (B6) met verschillende energiedragers voor gebouwgebonden warmte aan worden toegevoegd.

In de rapportage kan het gebruikersgebonden gedeelte van het energiegebruik ter vergelijking worden meegenomen worden op basis van data van milieu centraal.

### **Materialisatie externe leveringskaarten in de MPG**

Er wordt besloten dat voor elektriciteit de materialisatie externe leveringskaart voor toepassing in de MPG gecombineerd wordt tot de Nederlandse elektriciteitsmix (73% grijs, 27% hernieuwbaar). De grijze- en de hernieuwbare materialisatie externe levering worden niet apart opgenomen. Via de bouwbesluitregeling gaat het voor de MPG over het moment van oplevering van gebouw. Op dat moment kan nog niet gezegd worden of er grijze of hernieuwbare elektriciteit gebruikt gaat worden. Dit besluit de consument/ gebruiker later.

Voor warmte wordt de materialisatie externe levering wel gesplitst grijze en hernieuwbare bronnen voor HT- en LT-warmtenet productkaarten.



De materialisatie externe leveringskaarten worden:

- Elektriciteit productiemix NL, per kWh, materialisatie externe levering
- Warmte, HT, grijs, bij consument, per MJ, materialisatie externe levering
- Warmte, HT, hernieuwbaar, bij consument, per MJ, materialisatie externe levering
- Warmte, LT, grijs, bij consument, per MJ, materialisatie externe levering
- Warmte, LT, hernieuwbaar, bij consument, per MJ, materialisatie externe levering
- Aardgas, verbrand, bij consument, per m<sup>3</sup>, materialisatie externe levering

### **Vervolg**

Verzoek aan de klankbordgroep om eventuele overige opmerkingen op het concept rapport en/of aanvullende opmerkingen of suggesties voor de aanbevelingen van het rapport uiterlijk 8 december door te geven ter verwerking in het eindconcept.

17 december komt een definitief eindconcept van het rapport. De klankbordgroep krijgt dan gelegenheid om hierop te reageren, het is van belang dat hier voldoende tijd voor is om dat zorgvuldig te doen. Opmerkingen op het eindconcept kunnen gemaakt worden tot uiterlijk maandag 10 januari. De oplevering van het definitieve rapport komt dan in de eerste helft van januari.

### **Overige opmerkingen:**

In de rapportage moet de naam W-E ingenieurs gecorrigeerd worden naar: 'Stichting W/E Adviseurs'.

Voor de leesbaarheid van het rapport kunnen de grote (LCI-) tabellen naar de bijlagen worden verplaatst.