



Planbureau voor de Leefomgeving

KORTE MODELBESCHRIJVING ELEKTRICITEITSVERBRUIK VAN APPARATEN (EVA)

Notitie

PBL

30 september 2019

PBL

Colofon

Korte modelbeschrijving elektriciteitsverbruik van apparaten (EVA)

© PBL Planbureau voor de Leefomgeving

Den Haag, 2019

PBL-publicatienummer: 3826

Contact

Bert.Daniels@pbl.nl, hans.elzenga@pbl.nl

Auteurs

Paul Vethman

m.m.v. Cees Volkers (PBL), Casper Tigchelaar & Marijke Menkveld (ECN part of TNO)

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Paul Vethman (2019), Korte modelbeschrijving elektriciteitsverbruik van apparaten (EVA), Den Haag: PBL.

Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) is het nationale instituut voor strategische beleidsanalyses op het gebied van milieu, natuur en ruimte. Het PBL draagt bij aan de kwaliteit van de politiek-bestuurlijke afweging door het verrichten van verkenningen, analyses en evaluaties waarbij een integrale benadering vooropstaat. Het PBL is voor alles beleidsgericht. Het verricht zijn onderzoek gevraagd en ongevraagd, onafhankelijk en wetenschappelijk gefundeerd.

Inhoud

1	Korte modelbeschrijving	4
1.1	Inleiding	4
1.2	Wat zit er in?	5
1.3	Werking	6
	<i>1.3.1 Rekenstappen en resultaten</i>	6
	1.3.2 Toelichting op de berekeningsstappen	7
1.4	Belangrijkste invoergegevens	8
1.5	Beperkingen en verdere ontwikkeling	9
2	Referenties	11

1 Korte modelbeschrijving

1.1 Inleiding

Doel van het model

Het Elektriciteitsverbruik van Apparaten (EVA) rekenmodel heeft als doel het berekenen en analyseren van het elektriciteitsverbruik door apparaten en verlichting in woningen, voor het verleden en de toekomst. EVA is eind jaren '00 ontwikkeld door ECN en gekoppeld aan het SAWEC model (ECN, 2011). Het is een van de modellen binnen het NEV rekensysteem die het energieverbruik en de effecten van energiebeleid in de gebouwde omgeving modelleren.

Aard van het model

EVA is hoofdzakelijk een boekhoudkundig model, dat ook enkele simulatieonderdelen bevat. Boekhoudkundig wil zeggen dat de gebruiker van het model op hoog detailniveau de inputgegevens specificeert, maar dat het model vooral bedoeld is om jaarlijkse totalen op het niveau van de woningvoorraad en individuele apparaten te berekenen.

Het model kent dus een hoge mate van detail maar is voor het grootste deel overzichtelijk qua berekeningsmethodiek. Het model bevat ook simulatie voor enkele specifieke onderdelen: door middel van simulatie wordt voor de belangrijkste apparaten de leeftijdsopbouw, en voor alle apparaten het toekomstig verwachte verbruik berekend.

In EVA wordt alleen het effect van de Europese 'Ecodesign richtlijn' gemodelleerd. Economische en gedragsmatige invloeden worden niet gemodelleerd, al zitten die (voor een deel) wel impliciet in de aannames achter de invoer.

Resultaten en voorbeelden van studies

EVA wordt vooral gebruikt voor studies voor de Rijksoverheid, en soms voor Europese studies. De belangrijkste toepassing van het model vindt plaats voor de Klimaat- en Energieverkenning (KEV, voorheen NEV: Nationale Energieverkenning), op verzoek van de ministeries EZK, I&W en BZK. Met het model zijn de effecten uit te rekenen van Ecodesign-beleid op het elektriciteitsverbruik van apparaten in woningen.

Het model wordt ook voor andere onderzoeksvragen ingezet. Regelmatig wordt de samenstelling van het elektriciteitsverbruik van woningen geanalyseerd. Bijvoorbeeld voor monitoring van energiebesparing in woningen in Nederland (RVO & ECN 2017) en in Europa (Odyssee, 2018). Ook is er een bijdrage geleverd aan een apparatendatabase van Milieucentraal. Een voorbeeld van strategisch advies is een studie voor een buitenlands ministerie naar internationale methodieken om het verbruik van apparaten te modelleren (ECN, 2011). Omdat het model data en resultaten heeft vanaf 1980 is een ex post analyse van historische ontwikkelingen ook (deels) mogelijk.

1.2 Wat zit er in?

De belangrijkste elementen van het EVA-model zijn hieronder als aparte onderwerpen omschreven.

Scope, tijdsperiode en indeling in categorieën

De geografische scope van het model is Nederland. De tijdshorizon waar het model berekeningen voor doet is van de jaren 1980 tot en met 2050.

Het model houdt het aantal bewoonde woningen bij, maar maakt geen onderscheid naar segmenten zoals woningtype, eigendom, of bestaande bouw versus nieuwbouw omdat dit minder relevant is voor apparaten in woningen.

Het EVA model bevat een groot deel van de - meer dan 200 soorten - apparaten die in Nederlandse woningen voorkomen. Hieronder staan alle apparaatgroepen, met de uitsplitsing van de apparaatgroep 'ICT apparatuur' ter illustratie.

Apparaatgroep:	ICT apparatuur:
Vaatwasser	<i>Desktop</i>
Wasmachine	<i>beeldsch.</i>
Wasdroger	<i>laptop</i>
Koelkast	<i>tablet</i>
Vriezer	<i>ADSLmodem</i>
TV	<i>functie_modem VOIP</i>
Verlichting	<i>ext.speakers</i>
Stofzuiger	<i>printer</i>
Reinigen_overig	<i>MFD</i>
Video-apparatuur	<i>scanner</i>
ICT-apparatuur	<i>ext.HDD</i>
Verwarming	<i>fax/modem</i>
Warmwater	<i>drdls.netwerk</i>
Ventilatie en koeling	<i>game console</i>
Kookapparatuur	<i>dr.telefoon en tel. installatie</i>
Keukenapparatuur	<i>smartphone</i>
Vrije tijd	<i>mobiele telefoons</i>
Persoonlijke verzorging	
Overig	

In het EVA model zit hoofdzakelijk het niet-gebouwbonden deel van het elektriciteitsverbruik. Het meeste gebouwgebonden elektriciteitsverbruik in woningen wordt gemodelleerd in SAWEC, met uitzonderingen op het gebied van bijvoorbeeld ventilatie en cv ketels (bijv. het verbruik van de cv pomp komt uit SAWEC, terwijl het hulpverbruik uit EVA komt).

Energietechnieken voor opwekking en besparing

Het EVA model kan op verschillende manieren energiebesparing berekenen. Voor ieder apparaat is het gemiddeld vermogen in te voeren van een nieuw apparaat dat op de markt komt. Dit kan op jaarbasis, d.w.z. per bouwjaar. Hiermee is te modelleren dat nieuwe apparaten gedurende de jaren zuiniger worden. Binnen apparaatgroepen kunnen ook verschillende zuinigheidsklassen van hetzelfde apparaat voorkomen, zoals meerdere typen lampen. Tot slot is

er substitutie mogelijk van het ene apparaat door een ander apparaat met vergelijkbare functie. Een paar voorbeelden:

- Bij witgoed en televisies komen in de tijd steeds zuinigere energielabelklassen voor (G t/m A+++)
- Bij verlichting onderscheidt het model vijf lamptypen (gloeit-, tl-, halogeen-, spaar- en ledlamp) alsof het aparte apparaten zijn. De opkomst van zuinige lampen zoals spaar- en ledlampen is hierdoor specifiek te modelleren.
- Bij ICT komt substitutie voor naar andere en vaak zuiniger typen (bijv. van desktop naar laptop en tablet)
- Bij ventilatie en koeling is balansventilatie een zuiniger systeem dan mechanische ventilatie

Energiedragers

Elektriciteit is de enige energiedrager in het model. Via conversiefactoren berekent het model het finale elektriciteitsverbruik en de elektriciteitsbesparing.

Beleid

Met het model kunnen verschillende beleidsscenario's doorgerekend worden. Deze scenario's schatten de effecten die beleid heeft op het soort en aantal energiezuinige apparaten en verlichting dat in woningen gebruikt wordt. Bijvoorbeeld, voor de KEV kan het model het effect van huidig (vastgesteld) energiebeleid of het huidig en nieuw (vastgesteld + voorgenomen) energiebeleid afzonderlijk uitrekenen. Het vaststaand beleidsscenario kan ook beschouwd worden als referentie- of 'business as usual'-scenario, dat de hypothetische ontwikkeling in energieverbruik en besparing laat zien als er geen nieuw beleid zou bijkomen.

EVA berekent het effect van de Europese 'Ecodesign' richtlijn, die minimale efficiency-normen stelt aan energieverbruikende producten. Dit beleid bepaalt zodanig de huidige energiezuinigheid van apparaten en verlichting, dat het expliciet modelleren van andere beleidsinstrumenten weinig toevoegt. Het huidige Europese energielabel bijvoorbeeld heeft ook bijgedragen aan een betere efficiency, maar in veel mindere mate dan Ecodesign.

1.3 Werking

1.3.1 Rekenstappen en resultaten

Rekenstappen

In het model worden per apparaat gegevens ingevoerd. Waar relevant maakt het model onderscheid tussen verbruik van het apparaat in 'aan', 'standby' en soms ook 'uit' stand (bijv. ICT apparatuur), elk met een specifieke gebruiksduur en technisch vermogen.

Het energiegebruik in EVA wordt ook per apparaat berekend. Het model hanteert de volgende algemene formule:

$$\begin{aligned} \text{Energieverbruik (in kWh)} = & \text{Woningen [aantal]} \times \\ & \text{Penetratiegraad [% woningen met apparaat]} \times \\ & \text{Gebruiksduur [uren]} \times \\ & \text{Gebruiksintensiteit [factor]} \times \\ & \text{Verbruik [vermogen in Watt]} \end{aligned}$$

De totale voorraad per apparaat in EVA is het aantal woningen vermenigvuldigd met de penetratiegraad. Beide zijn exogene invoer en dus een vast gegeven. De hoeveelheid apparaten is geschat op basis van statistiek en literatuur. De penetratiegraad van de gebouwgebonden apparaten waarvan EVA het elektriciteitsverbruik berekent wordt overgenomen uit het SAWEC model.

De gebruiksduur is net als de voorraad apparaten exogeen en ook geschat aan de hand van literatuur. Naast het aantal gebruiksuren, is voor sommige witgoedapparatuur ook een 'gebruiksfactor' meegenomen om rekening te houden met de manier van gebruik (bijv. beladingsgraad of temperatuurinstelling bij wasmachines en drogers).

Verondersteld is dat ontwikkelingen in het vermogen van een apparaat naar lagere energiewaardes (d.w.z. efficiencyverbetering) voor die apparaten de enige factor is die besparing oplevert. Dit met uitzondering van verlichting, waar besparing met name tot uiting komt in de samenstelling van de voorraad verlichting (de groeiende penetratiegraad van zuiniger lampen ten koste van onzuinigere). Verschillende lamptypen (gloeit, spaar, led etc) zijn in het model dus aparte apparaten. De energiebesparing wordt vervolgens berekend aan de hand van de 'volume, structuur en besparing' methodiek, ook wel decompositie analyse genoemd. Deze methode bekijkt hoe het verbruik zich zou ontwikkelen zonder bepaalde ontwikkelingen of invloedsfactoren. Om de besparing te kwantificeren berekent EVA het verschil tussen het uiteindelijke elektriciteitsverbruik (inclusief alle ontwikkelingen) en het verbruik zonder besparing (zonder efficiencyverbetering). Het verbruik zonder besparing wordt verkregen door aan te nemen dat vanaf een bepaald 'basisjaar' het vermogen niet meer verandert, alsof er geen zuiniger apparaten meer op de markt komen (d.w.z. bij 'frozen efficiency'). Besparing door een verandering van gebruiksduur en -intensiteit levert in de praktijk ook een bijdrage, maar minder. Door gebrek aan gegevens wordt deze besparing vaak niet gemodelleerd.

Resultaten

De belangrijkste resultaten van het EVA model zijn:

- Voorraad apparaten (aantal in mln.)
- Finaal elektriciteitsverbruik (in PJ en kWh/bewoonde woning), waarvan het gebouwgebonden deel overgenomen wordt uit SAWEC
- Besparing op elektriciteit (in PJ en kWh/bewoonde woning)
- Volume-, structuur- en besparingseffecten (zie paragraaf 1.4 voor nadere uitleg van deze begrippen).

Het is technisch mogelijk om de investeringskosten (in mln. €) van alle apparaten uit te rekenen, maar dit wordt (nog) niet gebruikt.

Resultaten worden berekend voor de gehele woningvoorraad en per apparaat, jaar en verbruiksstand ('aan', 'standby', 'off'). De boekhouding van het model geeft alleen gegevens over de "totaalstand", dus de totale voorraad en het verbruik en besparing daarvan. Het model rekent niet automatisch jaar-op-jaar mutaties uit. Verder berekent het model geen hernieuwbaar energieverbruik of -productie of CO₂-emissies.

1.3.2 Toelichting op de berekeningsstappen

Voorraadmodel

De gemiddelde vermogens van nieuwe apparaten veranderen snel. Apparatuur zoals verlichting of witgoed wordt zuiniger of juist minder zuinig omdat ze sneller, beter of groter worden zoals het geval bij televisies en veel ICT. De totale voorraad is dus een samenstelling van apparaten uit verschillende bouwjaren met elk een bijbehorend vermogen, waarbij deze samenstelling ook nog eens snel verandert. Om een goede benadering van het elektriciteitsverbruik van alle apparaten te maken, is een schatting nodig hoeveel apparaten er jaarlijks door huishoudens gekocht worden (verkoopcijfers) en hoeveel er daar elk jaar weer van verdwijnen (afdanking).

Het EVA model werkt daarom met een voorraadmodel. Een boekhouding, die per zichtjaar bijhoudt hoeveel apparaten van welke bouwjaren er zijn in de Nederlandse apparatenvoorraad en wat de leeftijd van die apparaten is. Het voorraadmodel is in feite een gedetailleerde matrix-tabel. EVA bevat een voorraadmodel voor elk apparaat. Door de samenstelling van de voorraad te combineren met de vermogens van de verschillende bouwjaren, kan het model voor elk zichtjaar en elk apparaat het gewogen-gemiddelde vermogen inschatten.

Afdankcurves optimaliseren

Over de belangrijkste apparaten zijn voldoende gegevens te vinden uit statistiek en literatuur over verkopen en afdanking, maar over veel overige apparatuur meestal niet. Het model heeft daarom twee manieren om het voorraadmodel te kalibreren; door afdankcurves te berekenen (als er voldoende betrouwbare gegevens over penetratiegraad en verkoopgegevens zijn) of door afdankcurves te schatten aan de hand van literatuur (als er geen verkoopgegevens zijn) en als vast gegeven in te voeren. De afdankcurve is een procentuele verdeling van de afdanking in de tijd, en omvat een schatting van het percentage apparaten uit een gegeven bouwjaar dat uit de voorraad verdwijnt, voor elk jaar van de levensduur.

Voor witgoed en stofzuigers zijn vanaf 2000 verkoopcijfers bekend. Voor deze apparaten berekent het model de afdankcurve. Het verloop van elke afdankcurve heeft de vorm van een normale verdeling, een realistische benadering van hoe de vervanging van apparaten volgens literatuur in de praktijk verloopt. De berekening gebeurt via optimalisatie, waarbij afdanking de enige onbekende variabele is en het model de afdankcurve berekent die het beste past bij de voorraadmutatie en verkopen die uit statistieken bekend zijn. Omdat de gegevens een verschillende oorsprong (bron) hebben en niet op elkaar zijn afgestemd, kan het model niet altijd een passende afdankcurve vinden. In dat geval ontstaat er een afwijking tussen de berekende en werkelijke verkopen. Wanneer er negatieve verkopen ontstaan, wordt dit door het model opgelost via een correctie van de voorraad.

Wat doet het model met beleid?

Aannames over beleidseffecten, de verwachte verandering van het gemiddeld vermogen van een apparaat, worden als een vast gegeven ingevoerd. Met behulp van het voorraadmodel en decompositieanalyse berekent het model de effecten van beleid voor de totale apparatenvoorraad, oftewel de verandering van het finale elektriciteitsverbruik en totale elektriciteitsbesparing. Dit gebeurt ook per apparaat, waardoor de groei van het aandeel spaar- en ledlampen of de besparing door zuiniger wasmachines of stofzuigers bijvoorbeeld te bepalen is.

Relatie met andere modellen

EVA wisselt gegevens uit met verschillende andere modellen uit het NEV rekensysteem. Het model:

- gebruikt penetratiegraden van gebouwgebonden apparaten uit SAWEC
- gebruikt het elektriciteitsverbruik en elektriciteitsbesparing van gebouwgebonden apparaten uit SAWEC
- levert het niet-gebouwgebonden elektriciteitsverbruik aan SAWEC
- levert het niet-gebouwgebonden elektriciteitsverbruik vóór besparing aan SAWEC

1.4 Belangrijkste invoergegevens

Aannames

De hierna genoemde ontwikkelingen zijn de belangrijkste aannames in het model. De meeste aannames bestaan uit informatie die is overgenomen uit andere bronnen (statistieken, literatuur) en worden dus niet berekend door het model.

- Omvang van de bestaande woningvoorraad en de ontwikkeling van de voorraad in de toekomst (aantal). Bron: CBS (2018)
- Penetratiegraad per apparaat en energielabel (%). Bron: VHK (2008), Home (2015), VLEHAN (2018)
- Economische levensduur van apparaten (jaren). Bron: VHK (2008)
- Gemiddelde gebruiksduur per apparaat (uren) en gebruiksfactoren (bijv. beladingsgraad). Bron: VHK (2008)
- Gemiddeld vermogen per apparaat voor historische jaren (Watt). Bron: VHK (2008)
- Inschattingen van het effect van Ecodesign beleid op de penetratiegraad en vermogen van apparaten. Bron: eceee (2018), Europese Commissie (2018).

Invloed op de modelresultaten

Deze aannames beschrijven samen de volledige ontwikkeling van het elektriciteitsverbruik in woningen. De invloed van deze aannames is onder te verdelen naar volume-, structuur- en besparingseffecten.

- Volume-effecten: veranderingen zoals een toenemende woningvoorraad zorgen voor een hogere elektriciteitsvraag.
- Structuureffecten: de penetratiegraad en manier waarop apparaten worden gebruikt verandert, met diverse effecten op het elektriciteitsverbruik. De levensduur heeft beperkt effect omdat deze voor de meeste apparaten constant wordt verondersteld in EVA.
- Besparingseffecten: het zuiniger worden van hetzelfde type apparaat, of het gebruik van een ander zuiniger apparaat bepaalt de elektriciteitsbesparing.

De factoren met de grootste impact op het elektriciteitsverbruik zijn de omvang van de woningvoorraad, de penetratiegraad van apparaten en het vermogen van apparaten. Sinds de sterke opkomst van elektrische apparatuur halverwege vorige eeuw, is de trend dat de woningvoorraad en penetratiegraden beide sterk groeien. Maar zeker het afgelopen decennium maken cijfers zichtbaar dat apparaten tegelijkertijd veel zuiniger zijn geworden. Met name door het actieve Europees besparingsbeleid van efficiëncynormen en energielabels. In recente jaren is de ontwikkeling van het elektriciteitsverbruik van woningen volgens verbruiksstatistieken van het CBS zelfs omgebogen van groei naar een daling.

1.5 Beperkingen en verdere ontwikkeling

Beperkingen door scope, details en rekensystematiek

Keuzes in de scope, details en rekensystematiek zorgen voor beperkingen aan de vragen die met het model beantwoord kunnen worden. Het model kan met bepaalde aspecten van de werkelijkheid niet goed rekening houden:

- Door de grote variatie aan apparaten en verlichting in de praktijk is het detailniveau in EVA bewust begrensd om het model hanteerbaar te houden. In beleid is af en toe aandacht voor apparaten die niet in het model zitten, zoals plotseling opkomende innovatieve ICT toepassingen zoals zogenoemde 'smart appliances'. Hiervoor is uitbreiding van het model nodig. In de afgelopen jaren zijn al verschillende nieuwe apparaten (bijv. smartphones, elektrische fietsen) toegevoegd. Ook worden de verschillende typen huishoudens of bewoners niet expliciet gemodelleerd, en er is dus geen onderscheid naar bijvoorbeeld het aantal personen, leeftijd, inkomen. Daardoor kan het gebruik van apparaten alleen voor een gemiddeld huishouden worden geschat.
- Een belangrijke beperking van het EVA model is de boekhoudkundige opzet. Hierdoor wordt de invloed van belangrijke factoren niet expliciet gemodelleerd. Dit gaat om factoren als energieprijzen of menselijk gedrag ten aanzien van aanschaf of gebruik van apparaten (energiebewust gedrag). De gebruiker van het model neemt zulke factoren wel

impliciet mee in de invoer, door gebruik te maken van gegevens uit statistieken, waaronder informatie over penetratiegraden.

- Het model kan het elektriciteitsverbruik en -besparing niet optimaliseren. Zoals uitrekenen wat het meest effectieve beleidsinstrument is tegen minimale kosten, of selecteren met welk pakket beleidsmaatregelen een bepaalde doelstelling kan worden gehaald.
- Omdat historisch beleid (d.w.z. beleid dat inmiddels is stopgezet) niet gemodelleerd is, kan met het model geen ex post analyse van historisch beleid worden gemaakt.

Beperkingen door databehoefte

Doordat het EVA model veel details kent zijn er voor veel apparaten relatief weinig actuele cijfers beschikbaar. Dat geldt met name voor de minder gangbare apparaten. Dit maakt het vaak lastig om betrouwbare aannames te maken, met name over de ontwikkeling van het gebruik en het vermogen van apparaten.

Beperkingen door gemodelleerd beleid

In het model worden alleen de belangrijkste beleidseffecten meegenomen, mede vanwege een gebrek aan data op dit detailniveau. Het Europese 'Ecodesign' beleid stelt minimum efficiency-eisen aan nieuwe apparaten, en heeft verreweg de grootste betekenis gehad voor energiebesparing bij apparaten en verlichting in Nederland sinds de start in 2008. Impliciet wordt ook het effect meegenomen van energielabels, een ander belangrijk Europees beleidsinstrument. Dit gebeurt via de aannames over de ontwikkeling van het gemiddeld vermogen.

Verdere ontwikkeling van het model

In de afgelopen paar jaar is het EVA model doorontwikkeld met als belangrijkste aanpassingen:

- Uitbreiding met een voorraadmodel voor elk apparaat dat in het model is opgenomen
- Optimalisatiemogelijkheden voor het berekenen van afdankcurves
- Trendlijnen voor schattingen over toekomstige ontwikkelingen
- Een efficiëntere modelstructuur (invoer en resultaat tabellen, programmering)

Voor de ontwikkeling van EVA is modelverbetering en regulier onderhoud nodig. Bij de huidige opzet is al geanticipeerd op een aantal nieuwe ontwikkelmogelijkheden:

- Een belangrijke modelverbetering die nodig is, is een update van oudere aannames in het model wat betreft nieuwe apparaten en wat betreft de penetratiegraad, gebruiksduur en het vermogen van belangrijke apparaten (met een groot aandeel in het verbruik).
- Het model is geschikt gemaakt om totale investeringskosten te kunnen uitrekenen. Tot nu toe is nog onvoldoende data beschikbaar of verzameld over aanschafprijzen van apparatuur.
- Er zijn ook gegevens beschikbaar over het gemiddeld vermogen dat elk energielabel in de praktijk heeft. Bijvoorbeeld, het gemiddeld vermogen in Watt van een koelkast met energielabel A++, of een stofzuiger met energielabel B. Dit wordt al gebruikt in de invoer om de efficiëncystappen te benaderen die met Ecodesign worden bereikt. Het model heeft nog geen functionaliteit om bijvoorbeeld ook de huidige of verwachte labelverdeling uit te rekenen van de in woningen aanwezige voorraad van een bepaald apparaat. In de meest recente modelversie is ruimte gemaakt om dit relatief snel te ontwikkelen als die behoefte ontstaat.

2 Referenties

CBS (2018). **Statistieken over energie in woningen** (o.a. elektriciteitsverbruik, aantal bewoonde woningen). CBS, 2018.

eceee (2018). **Informatie over de status en plannen voor Ecodesign en labelling beleid**, European Council for an Energy Efficient Economy, 2018.
Internet: www.eceee.org/ecodesign/.

ECN (2011). **Modelling the energy use of products - A review of approaches from practice**. P. Vethman, B.W. Daniëls & C.B. Hanschke, april 2011.

Europese Commissie (2018). **Website over Ecodesign beleid**, Europese Commissie, januari 2018.
Internet: ec.europa.eu/energy/en/toics/energy-efficiency/energy-efficient-products.

EVA rekenmodel (PBL/ECN part of TNO), 2018.

HOME (2015). **Onderzoek naar huishoudelijke apparatuur**, 2015.

Odyssee-Mure (2018). **EU database on energy efficiency indicators and energy consumption and database on energy efficiency policies**, juni 2018.
Internet: www.odyssee-mure.eu

RVO & ECN (2017). **Monitoring energiebesparing gebouwde omgeving - 2016**. December 2017.

VHK (2008). **Basisdocument (definitief) - Elektrische apparatuur in Nederlandse huishoudens**. Van Holsteijn & Kemna, 2018.

VLEHAN (2018). **Jaaroverzicht 2017**, mei 2018.