



Planbureau voor de Leefomgeving

# KORTE MODELBESCHRIJVING SAWEC

**Notitie**

**PBL**

**19 september 2019**

PBL

## **Colofon**

### **Korte modelbeschrijving SAWEC**

© PBL Planbureau voor de Leefomgeving

Den Haag, 2019

PBL-publicatienummer: 3839

## **Contact**

[Bert.Daniels@pbl.nl](mailto:Bert.Daniels@pbl.nl), [hans.elzenga@pbl.nl](mailto: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 SAWEC, 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

<b>1</b>	<b>Korte modelbeschrijving</b>	<b>6</b>
1.1	Inleiding	6
1.2	Wat zit er in?	7
1.3	Werking	9
	<i>1.3.1 Rekenstappen en resultaten</i>	9
	1.3.2 Toelichting op de berekeningstappen	10
1.4	Belangrijkste invoergegevens en effecten	12
1.5	Beperkingen en verdere ontwikkeling	13
<b>2</b>	<b>Referenties</b>	<b>15</b>

# 1 Korte modelbeschrijving

## 1.1 Inleiding

### *Doel van het model*

SAWEC (Simulatie en Analyse model voor verklaring en voorspelling van het Woninggebonden Energieverbruik en CO<sub>2</sub>-emissie) heeft als doel de simulatie van het gebouwgebonden energiegebruik van woningen, ten behoeve van toekomststramingen en de monitoring van energiebesparing. SAWEC is begin jaren '00 ontwikkeld door ECN en is een vervanging van en uitbreiding op het SAVE-Huishoudens model van ECN uit 1994 (ECN, 2003 & ECN, 2005). Het is een van de 'gebouwde omgeving' modellen binnen het NEV-rekensysteem.

### *Aard van het model*

Het SAWEC-model is een simulatiemodel: het probeert de manier waarop allerlei factoren invloed hebben op het energiegebruik van woningen zo realistisch mogelijk te benaderen. Het gaat daarbij om factoren die economisch (bijv. energieprijzen, investeringskosten), demografisch of economisch (bijv. aantal woningen en bewoners), natuurkundig (buitentemperatuur, thermische eigenschappen van constructies), gedragsmatig (aankoop van energiezuinige installaties en stookgedrag) of beleidsmatig zijn.

SAWEC kan hiermee de ontwikkeling van de gas, elektriciteits- en warmtevraag van de gehele woningvoorraad schatten. Het model doet dit op basis van een indeling in 60 woningklassen en de belangrijkste energiebesparende maatregelen. De ontwikkeling van externe warmtelevering via warmtenetten en de invulling van de aanbodkant daarvan zijn voor het model exogeen.

### *Resultaten en voorbeelden van studies*

Voor de Rijksoverheid en lokale overheden gebruiken studies waarbij SAWEC wordt ingezet. De belangrijkste toepassing van het model is voor de Klimaat- en Energieverkenning (KEV), voorheen Nationale Energieverkenning (NEV), voor de ministeries EZK, I&W en BZK. Met het model zijn de effecten uit te rekenen die (nationaal) energiebeleid heeft op het energiegebruik en de bijbehorende directe CO<sub>2</sub>-emissies van woningen. Zo is bijvoorbeeld na te gaan of de sector gebouwde omgeving voldoet aan haar beoogde bijdrage aan het 100 PJ-energiebesparingsdoel voor 2020 uit het Energieakkoord.

Het model wordt ook voor andere onderzoeksvragen ingezet, zoals de monitoring van de energiebesparing in Nederlandse woningen en gebouwen voor agentschap RVO.nl (RVO & ECN, 2017). Of voor strategisch advies, zoals over het stimuleren of verplichten van energielabels (ECN, 2015) of een subsidieregeling voor koopwoningen (ECN, 2016). Omdat het model reikt vanaf 1985 is een ex post analyse van historische ontwikkelingen ook mogelijk.

## 1.2 Wat zit er in?

De belangrijkste elementen van het SAWEC 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 1985 tot en met 2050. Over deze periode berekent het model de resultaten steeds per vijfjaarsperiode (1985-1989, 1990-1994 etc.).

De woningvoorraad is in het model ingedeeld in 60 woningklassen. Een woningklasse is een combinatie van woningtype, eigendomsvorm en bouwperiode. De tabel hieronder geeft een overzicht:

Woningtype:	Eigendomsvorm:	Bouwperiode:
Vrijstaand	Particuliere koop	<1930
2/1-kap+hoekwoning	Sociale huur	1931-1959
rijtjeswoning	Particuliere huur	1960-1980
meergezinswoning		1981-1995
		>1995

Het model maakt onderscheid tussen berekeningen voor bestaande woningen, voor renovatie van woningen en voor de bouw van nieuwbouwwoningen. De belangrijkste reden hiervoor is dat beleid vaak specifiek geldt voor één van deze segmenten, bijvoorbeeld de EPC-normering voor nieuwbouw. Ook zijn bepaalde maatregelen in de bestaande bouw technisch ingrijpender en duurder, bijvoorbeeld installatie van een ventilatiesysteem, of het overstappen van lokale naar centrale verwarming. Ingrijpender aanpassingen aan bestaande woningen vallen in het model onder renovatie, en daarvoor geldt een andere rekenmethode in het model dan voor de minder ingrijpende maatregelen.

### *Energietechnieken voor opwekking en besparing*

Het SAWEC-model bevat meer dan 100 energie-technische maatregelen voor woningen, gericht op de lokale opwekking van energie of op de besparing van gebouwgebonden energieverbruik voor warmte, koude, warm tapwater en ventilatie. Het betreft zowel conventionele technieken op fossiele brandstof als (nieuwere) technieken op basis van hernieuwbare energie. Technieken zijn onderverdeeld in verschillende maatregelgroepen naar energiefunctie (isolatie, verwarming, etc.), waarbij elke maatregel binnen een groep zijn eigen 'energiekwaliteit' (bijv. rendement, isolatiewaardes, inzet of de productie van hernieuwbare energie) heeft. Ter illustratie hieronder de maatregelgroepen met voorbeelden van kwaliteiten:

- Isolatie, verschillende groepen (zoals dak-, vloer-, gevel- en glisolatie, met per groep verschillende Rc waardes, of leidingisolatie)
- Verwarming (HR107 ketel; hybride warmtepomp)
- Warm water (combi-ketel; geiser; warmtepompboiler; zonneboiler)
- Ventilatie (mechanische ventilatie; warmteterugwinning ventilatie)
- Zon pv
- Overig (waterzijdig inregelen; bij-, blok of stadsverwarming; douche wtw)

### *Energiedragers en energiefuncties*

Aardgas en elektriciteit zijn de belangrijkste energiedragers in het model. Daarnaast berekent SAWEC ook de warmtelevering aan huishoudens, onder andere uit biomassa, en het oliegebruik door huishoudens. SAWEC beschrijft alleen het gebouwgebonden deel van het elektriciteitsverbruik. Dat is het elektriciteitsverbruik ten behoeve van ruimteverwarming,

warm tapwater en ventilatie. Het elektriciteitsverbruik van niet-gebouwgebonden elektrische apparatuur en verlichting in woningen wordt apart gemodelleerd in het EVA-model. Via conversiefactoren (bijv. rendementen, emissiefactoren) berekent het model grootheden zoals het finale energieverbruik en emissies.

Energiefuncties zijn de verschillende energiebehoeften die een woning heeft. Ruimteverwarming, ruimtekoeling, warm tapwater, verlichting en ventilatie zijn de belangrijkste uit het model.

#### *Omvang woningvoorraad*

De Nederlandse voorraad woningen en gebouwen is een belangrijke bepalende factor voor het energieverbruik van de gebouwde omgeving. Ook de samenstelling is van belang: voor verschillende woningtypen gelden verschillende gemiddelde verbruiken.

#### *Kosten, baten en aantrekkelijkheid van energietechnieken*

Kostprijzen zijn een belangrijke factor voor het model om te bepalen welke energiebesparende maatregelen gekozen worden. Ten behoeve van de investeringsbeslissing die het model hiervoor op basis van de kosten-baten vergelijking tussen technieken simuleert, is voor elke techniek de veronderstelde kostenontwikkeling in de tijd ingevoerd evenals de veronderstelde ontwikkeling van energieprijzen (vanuit het energieprijzenmodel). De berekende rentabiliteit van een techniek voor een woningklasse is een gemiddelde. In de praktijk zal een specifieke techniek, vanwege variatie in gedrag van huishoudens en de precieze eigenschappen van huizen, in verschillende huishoudens verschillende rentabiliteiten hebben.

De keuze voor technieken is ook afhankelijk van hoe aantrekkelijk woningeigenaren deze vinden op basis van andere aspecten dan kosten of baten, zoals comfort. Ook vertrouwdheid met een techniek kan een rol spelen; in het model wordt dit gemodelleerd door bij de investeringsbeslissing rekening te houden met het relatieve marktaandeel.

#### *Beleid*

Met het model kunnen verschillende beleidsscenario's of -varianten berekend worden. Met deze scenario's kunnen verwachte effecten van huidig en toekomstig beleid bepaald worden, zoals veranderingen van het energieverbruik, de hoeveelheid en het type energietechnische maatregelen die zullen worden genomen en de investeringskosten daarvan. In SAWEC zijn de voor Nederlandse woningen voornaamste beleidsinstrumenten gemodelleerd, zoals:

- normen voor gebouwen (EPC en BENG-eisen voor nieuwbouw, afschaffen van de aansluitplicht op aardgas voor nieuwbouw),
- subsidies (ISDE-regeling, btw-verlaging op isolatie, subsidie voor energiebesparing van koopwoningen, subsidieregeling voor verhuurders (STEP-regeling) en andere financiële stimulering (EIA, energiebelasting).

Voor de KEV kunnen van verschillende beleidsvarianten de energetische effecten en emissie-effecten afzonderlijk uitgerekend worden, bijvoorbeeld van het huidige energiebeleid (vastgesteld), nieuw beleid (voorgenomen) of van een specifiek beleidsscenario (bijv. zonder Energieakkoord-beleid). Het effect van beleid kan ook per techniek worden berekend, bijvoorbeeld in het geval van de ISDE-regeling het effect op het aantal warmtepompen en de resulterende besparing. Het model kan ook de autonome ontwikkeling simuleren, oftewel de ontwikkeling van het energieverbruik en de besparing in het hypothetische geval dat er geen beleid zou zijn.



## 1.3 Werking

### 1.3.1 Rekenstappen en resultaten

#### Rekenstappen

SAWEC berekent het gemiddelde energiegebruik en de gemiddelde besparing per woning voor elk van de 60 woningklassen, afzonderlijk voor ruimteverwarming en voor warm tapwater. Het gasverbruik voor koken wordt exogeen bepaald en ingevoerd en wordt dus niet door het model zelf berekend. In paragraaf 1.3.2 worden deze rekenstappen verder toegelicht.

Op hoofdlijnen volgt de berekening in het model vanaf startjaar 1985 de stappen hieronder. Deze beschrijven ter illustratie de berekening van de warmtevraag van woningen, maar voor warm tapwater gaat de berekening op dezelfde manier.

- Het model begint met het bepalen van de **energievraag vóór besparing** van woningen zonder isolatie. Gegeven volume- en structuurontwikkelingen, d.w.z. veranderingen in de voorraad woningen en samenstelling daarvan, wordt voor iedere woningklasse (bijv. alle particuliere koopwoningen van na 1995) en vervolgens voor alle woningen de totale energievraag voor besparing (het zogenaamde frozen-efficiency-verbruik) afgeleid.
- Hierna wordt de besparing berekend om de **energievraag na besparing** te bepalen. De toepassing van energiebesparende maatregelen zorgt voor het beperken van de energievraag. Het model berekent daarbij eerst de technische maatregelen (bijv. isolatie) en daarna de gedragsmaatregelen (bijv. stook- en ventilatiegedrag). Dit resulteert in een energievraag na besparing.
- Er is vervolgens **energieaanbod** nodig om de resterende energievraag na besparing te kunnen invullen. Het model kiest opwekkingstechnieken zoals CV-ketels of warmtepompen voor ruimteverwarming, om deze energie te produceren. Waarbij het model besparingskennetallen en rendementen gebruikt om het energieverbruik te berekenen dat hiervoor nodig is.

Het kan daarbij voorkomen dat vervanging van een techniek ook zorgt voor substitutie van energiedragers. Bijvoorbeeld als een elektrische warmtepomp een HR107-gasketel vervangt. Dit levert netto een aanzienlijke besparing op, die het saldo is van het weggefallen aardgasverbruik van de ketel en het (geringere) extra elektriciteitsverbruik van de warmtepomp.

#### Resultaten

De belangrijkste resultaten van het SAWEC-model zijn de verschillende effecten van energiebeleid. Hierbij gaat het om:

- Aantallen geplaatste en vervangen energie-technische maatregelen
- Finale energievraag en finaal energetisch verbruik van aardgas (in m<sup>3</sup>), elektriciteit (in GWh) en olie (in GJ)
- Finale energiebesparing (in MWh of GJ, uiteindelijk omgerekend naar PJ)
- Investeringskosten (in mln. €)
- Hernieuwbare warmteproductie uit biomassa, warmtepompen en zonneboilers (in GJ)
- Hernieuwbare elektriciteitsproductie uit zonnepanelen (in GWh)
- Directe CO<sub>2</sub>-emissie en de reductie van CO<sub>2</sub>-emissies (in Mton)
- De decompositie van ontwikkelingen in het energieverbruik in volume-, structuur- en besparingseffecten; tevens gebruikt voor het bepalen van besparingseffecten voor de KEV

De resultaten van het model worden berekend voor de gehele woningvoorraad en per woningtype, bouwperiode, eigendomsvorm, jaar en type energietechniek. Uit de boekhouding

van het model zijn zowel cumulatieve als jaar-op-jaar mutaties (bijv. jaarlijkse nieuwbouw en sloop) beschikbaar.

### 1.3.2 Toelichting op de berekeningstappen

#### *Jaargangen-methodiek*

De samenstelling van de woningvoorraad en leeftijdopbouw van de genomen energiebesparende maatregelen worden door het model bijgehouden volgens een jaargangen-methodiek. Via een boekhouding houdt het model bij welke bestaande technieken aan vervanging toe zijn en om hoeveel woningen dat gaat. Of een nieuwe techniek voor een bepaalde woningklasse en op een bepaald moment toepasbaar is, wordt dus net als in de praktijk bepaald door de leeftijd van aanwezige technieken en de verwachte technische levensduur.

Voor elke vijfjaarsperiode wordt bepaald welk deel van de aanwezige technieken wordt afgedankt en vervangen door gelijkwaardige of energiezuinigere technieken. Dit gebeurt op basis van leeftijd van de aanwezige technieken en de gemiddelde (technische) levensduur. Zo wordt ook de jaarlijkse mutatie van de woningvoorraad door sloop, transformaties en nieuwbouw uitgerekend. De voorraad van elk jaar wordt dus bepaald door voorraadontwikkelingen uit voorgaande jaren.

Ook houdt het model rekening met onderlinge uitsluiting van technieken en toepasbaarheid van technieken op specifieke plekken. Zo kan het model bijvoorbeeld geen CV-combi-ketel kiezen in combinatie met een lokaal warmwatertoestel zoals een geiser. En isolatie voor een schuin dak komt in het model niet voor bij meergezinswoningen.

Gedragmatige maatregelen (bijvoorbeeld de thermostaat lager zetten) zijn niet afhankelijk van hun eerdere toepassing (niet gebonden aan een levensduur) en kunnen elke periode opnieuw getroffen of beëindigd worden.

#### *Investeringsbeslissing*

Elke technische maatregel behoort tot een groep met andere, elkaar uitsluitende maatregelen. Een voorbeeld van een maatregelgroep is 'ruimteverwarming', met technieken als de HR107 ketel of warmtepomp. De in woningen aanwezige technieken die volgens de jaargangen-methodiek aan vervanging toe zijn, worden vervangen door een nieuwe techniek uit dezelfde maatregelgroep. Dit kan ook dezelfde techniek zijn als de vorige.

Het model kiest de techniek die over de economische levensduur de beste financiële kosten/baten verhouding heeft en minimaal gelijkwaardig qua energieprestatie is aan de techniek die wordt vervangen. Ook wordt rekening gehouden met de aantrekkelijkheid van de maatregel.

Om de meest rendabele techniek te kiezen vergelijkt het model eerst de financiële kosten-baten verhouding van alle technieken uit de groep. Dit is de verhouding tussen de investeringskosten van een maatregel enerzijds en de baten door uitgespaarde energiekosten anderzijds.. De financiële kosten-baten verhouding van technieken wordt berekend met aannames over investeringskosten, de disconteringsvoet (rendementseis) en economische levensduur van technieken. De beschreven procedure wordt voor elk zichtjaar uitgevoerd.

#### *Aantrekkelijkheid van technieken: het relatieve marktaandeel meewegen*

Net zo belangrijk voor woningeigenaren, naast financiële afwegingen, zijn andere overwegingen die vaak niet rationeel of technisch zijn. Mensen hebben voorkeuren als het gaat om comfort, esthetiek en duurzaam willen leven. Maar ze kunnen ook gebrek aan kennis of

praktische bezwaren hebben. Er is ook een grote spreiding tussen eigenaren, als het gaat om redenen waarom voor een energietechniek gekozen wordt. En onbekendere, nieuwe technieken zoals de warmtepomp zullen bijvoorbeeld minder snel aangeschaft worden dan traditionele technieken tenzij een eigenaar deze aantrekkelijk vindt.

Om deze verschijnselen mee te nemen is een verband gemodelleerd tussen de gemiddelde kosten-baten verhouding en de verwachte toepassing van maatregelen in de praktijk, mede aan de hand van het relatieve marktaandeel. Dit verband is beschreven in een zogenoemde 'S-curve', waarvan de vorm afhankelijk is van de invloed van niet-financiële aspecten zoals hierboven beschreven. De S-curve is dus wiskundig niet-lineair en verschilt ook per techniek. De vorm of het verloop van de curve wordt bijvoorbeeld bepaald door de mate van marktintroductie, d.w.z. is de techniek relatief nieuw op de markt of gaat het om een traditionele techniek. De markt van de HR-107 ketel of gangbare isolatiemaatregelen is bijvoorbeeld verzadigd, terwijl de warmtepomp nog aan het begin van marktintroductie staat en onbekender is; een van de redenen waarom warmtepompen minder worden toegepast. De mate waarin voor een maatregel gekozen wordt, neemt niet evenredig toe of af met de financiële aantrekkelijkheid van die maatregel (de kosten-baten verhouding)

Net als in de praktijk krijgen technieken meestal geen 100% marktaandeel. Investeerders kiezen immers vaak niet allemaal hetzelfde omdat hun situaties en voorkeuren verschillen.

#### *Verplichtingen*

Om situaties uit de praktijk te modelleren waarin de keuze voor energie-technieken min of meer wordt afgedwongen, wijkt het model van de standaard rekenmethode af. Voorbeelden zijn verplichtend beleid zoals een energiebesparingsverplichting of normen voor nieuwbouw en renovaties. In het model wordt de keuze voor energie-technische maatregelen in die gevallen ook 'geforceerd' berekend, omdat het keuzegedrag van investeerders (beschreven als kosten-baten afwegingen en S-curves) niet meer bepalend is.

Deze rekenmethode werkt dan als volgt. Vooraf wordt eerst een analyse gedaan over de te verwachten penetratiegraad van een techniek die bij een renovatie of ander beleid wordt afgedwongen. In het model wordt deze penetratiegraad vervolgens niet bepaald door een kosten-baten afweging, maar het model wordt gedwongen deze penetratiegraad te bereiken.

#### *Wat doet het model met beleid?*

De manier waarop het model het effect van beleid berekent hangt dus af van de manier waarop beleid in de praktijk ingrijpt. Een subsidie zorgt bijvoorbeeld voor een gunstiger kosten-baten verhouding, wat ook zo gemodelleerd wordt (via de kostprijs van de gesubsidieerde energietechniek). Een nieuwbouwnorm of verplichtend beleid in de bestaande bouw zoals de Wet Milieubeheer dwingt in de praktijk een bepaalde penetratiegraad van een energietechniek af, die in het model hard wordt opgelegd.

#### *Relatie met andere modellen*

SAWEC heeft relaties met verschillende andere modellen uit het NEV-rekensysteem. Het model:

- gebruikt het niet-gebouwgebonden elektriciteitsverbruik zoals berekend in EVA
- gebruikt energieprijzen uit het energieprijzenmodel (via de NEV-RS database)
- levert voorraadontwikkelingen aan EVA
- levert hernieuwbare elektriciteitsgegevens aan RESolve-E (via de NEV-RS database)
- levert investeringskosten aan het economiemodel (via de NEV-RS database)
- levert de energievraag voor besparing (na volume, structuur en klimaateffecten) en na besparing per brandstoftype aan SELPE of MONIT-conversie (via de NEV-RS database)

## 1.4 Belangrijkste invoergegevens en effecten

### *Invoergegevens*

Veel invoer van het model is per woningklasse (type, bouwperiode, eigendom) en type energietechniek. Voor energiebesparende maatregelen zijn invoergegevens er ook op het niveau van bouwsegment (bestaande bouw, renovatie, nieuwbouw). Veel gegevens komen uit externe bronnen (statistieken, literatuur), waarvan de belangrijkste hier genoemd worden.

- Omvang van de bestaande woningvoorraad en ontwikkeling hiervan in de toekomst, per woningklasse (aantal). Bron: Syswov (2017) en WoON (2015)
- Ontwikkeling van het energiegebruiksgedrag en de samenstelling van huishoudens. Bron: WoON (2015)
- Energieverbruik per woning (GJ).
- Uitsplitsing van energiegebruik naar energiefunctie en energiedrager (%).
- Penetratiegraad van energietechnieken voor het verleden (aantal technieken aanwezig in de woningvoorraad). Bron: RVO & ECN (2017)
- Technische en economische levensduur van energietechnieken (jaren).
- Technische besparing per maatregel (% van de energievraag) en CO<sub>2</sub>-emissie (kg CO<sub>2</sub>/MJ) per energietechniek.
- Huidige en toekomstige kostprijzen van technieken (€/m<sup>2</sup>), zoals verwachte kostendalingen van nieuwe besparingstechnieken. De ontwikkeling van kostprijzen is afhankelijk van schattingen over de ontwikkeling van het marktaandeel. Bron: RVO (2017) en andere NEV-modellen
- Systeemrendementen en opwekkingsrendementen (%)

### *Invloed op de modelresultaten*

De invloed van bovengenoemde invoergegevens kan worden ingedeeld in volume-, structuur- en besparingseffecten:

#### *Volume-effecten*

- Demografische veranderingen zoals een groeiende woningvoorraad zorgen voor een hogere energievraag. SAWEC gebruikt hiervoor de meest recente statistieken en prognoses van het woningbestand.

#### *Structuureffecten*

Veranderingen van woningen en huishoudens hebben diverse effecten op het energiegebruik:

- De samenstelling van de woningvoorraad verandert door nieuwbouw, sloop of mutaties zoals de verkoop van huurwoningen (waardoor die onder een ander beleidsregime komen te vallen).
- Het gedrag en de samenstelling van huishoudens verandert, er komen bijvoorbeeld meer eenpersoonshuishoudens, er wordt meer thuisgewerkt, en inkomens nemen toe.
- Woningen veranderen zoals door verbouwingen, het aardgasverbruik hangt bijvoorbeeld sterk af van de grootte van een woning.

#### *Besparingseffecten*

Er ontstaat energiebesparing door:

- Het toepassen van efficiëntere energie-technieken, onder andere door aannames over het relatieve marktaandeel van energie-technieken ('S curve').
- Energiezuiniger gedrag. Dit is gemodelleerd als het toepassen van specifieke gedragsmaatregelen

## 1.5 Beperkingen en verdere ontwikkeling

### *Beperkingen door scope, details en rekensystematiek*

Er is een grote diversiteit van woningen en huishoudens, maar het detailniveau in SAWEC is bewust begrensd om het model hanteerbaar te houden. Keuzes hierin geven in ieder geval deze beperkingen:

- In beleid en de woningbouw is soms aandacht voor technieken of bouwconcepten die niet in het model zitten, zoals heel specifieke Rc waarden voor isolatie of de nul-op-de-meter woning. Ook kent het model 'gemiddelde' klassen of types en houdt geen rekening met de feitelijke diversiteit binnen die klassen. Een gedetailleerd onderscheid naar bijvoorbeeld woninggrootte is niet mogelijk.
- Veel eigenschappen van huishoudens worden niet expliciet gemodelleerd in SAWEC, bijvoorbeeld het aantal personen, leeftijd en inkomen.
- Het model berekent resultaten voor vijfjaarsperioden. Voor uitspraken over tussenliggende zichtjaren, bijvoorbeeld het hernieuwbare energie-doel voor 2023 uit het Energieakkoord, moet het resultaat uit de betreffende vijfjaarsperiode worden bepaald door middel van interpolatie. Resultaten voor tussenliggende jaren zijn daarvoor wat minder nauwkeurig dan voor de vijfjaarlijkse zichtjaren.
- Het model maakt de keuze voor energietechnieken niet alleen op basis van kostprijs, maar ook op basis van andere (soms economisch niet-rationele) overwegingen die aan de keuze van technieken en energiegebruik ten grondslag liggen. In het model zijn deze gedragseffecten gemodelleerd door aan te nemen dat er een niet-lineaire relatie is (de S-curve) tussen de toepassing van maatregelen (het relatieve markt-aandeel, zoals eerder beschreven) en de financiële kosten-baten. Er worden dus geen gedragsvormen als afzonderlijke relaties gemodelleerd.
- Het model kan het energiegebruik en -besparing niet optimaliseren. Het model kan dus bijvoorbeeld niet berekenen welk beleidsinstrument het meest effectief is gegeven een gewenst plafond aan maximale kosten, of welk pakket van beleidsmaatregelen tegen minimale kosten een bepaalde energiedoelstelling haalt.
- Het model levert standaard geen resultaten over economische kosteneffectiviteit, dus over de kosten of netto-baten per eenheid besparingspotentieel.
- Omdat historisch beleid dat al is afgeschaft, niet gemodelleerd is, kan met het model geen ex post analyse van historisch beleid worden gemaakt. Voor beleid dat nog steeds van kracht is kan dit wel.

### *Beperkingen door databeschikbaarheid*

Als gedetailleerde gegevens uit externe bronnen ontbreken moet SAWEC gebruik maken van inschattingen of generalisaties. Over bepaalde autonome ontwikkelingen zijn de aannames daarom minder robuust:

- Er is een gebrek aan schattingen van prijsontwikkelingen en prestaties in de toekomst, denk aan prijsdalingen en efficiencyverbetering van nieuwe (hernieuwbare) technieken.
- De technische besparing (als % van de energievraag) van bepaalde energetische maatregelen.
- Voor veel technieken zijn up-to-date investeringskosten bekend, maar niet voor alle.

De onzekerheden die voortkomen uit de model- en databeperkingen worden in de KEV vertaald in onzekerheidsbandbreedtes.

### *Verdere ontwikkeling van het model*

De afgelopen jaren zijn er flinke modeluitbreidingen gedaan aan SAWEC om actuele beleidsvragen te kunnen beantwoorden. Dit betreft bijvoorbeeld de ontwikkeling van een labelmodule en een woonlastenmodule.

Om het model actueel te houden worden elk jaar ook de belangrijkste invoergegevens geüpdatet en ander modelonderhoud uitgevoerd. Recente verbeteringen zijn aannames over kostenprijzen en de penetratiegraad van maatregelen op basis van nieuwe renovatiecijfers, waar regelmatig nieuwe data over beschikbaar is.

## 2 Referenties

ECN (2003). *Ontwikkeling van SAWEC, versie 1.22 - Een Simulatie en Analyse model voor verklaring en voorspelling van het Woninggebonden Energieverbruik en CO<sub>2</sub>-emissie*. H. Jeeninga & C.H. Volkers, juli 2003.

ECN (2005). *Een blik op de toekomst met SAWEC - Een analyse van het woninggebonden energiegebruik voor de periode 2000-2020*. Y.H.A. Boerakker, M. Menkveld & C.H. Volkers, juli 2005.

ECN (2015). *Vooronderzoek indicatief energielabel voor woningeigenaren*. M. Menkveld & C. Tigchelaar, september 2015.

ECN (2016). *Advies subsidieregeling koopwoningen*. C. Tigchelaar, P. Vethman, M. Menkveld & M.D.A. Rietkerk, M.D.A., oktober 2016.

RVO (2017). *Actualisatie en uitbreiding investeringskosten maatregelen EPA-maatwerkadvies bestaande woningbouw 2017*. RVO & Arcadis, september 2017.

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

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

Syswov (2017). *Systeem Woningvoorraad gebaseerd op de Basisregistraties Adressen en Gebouwen (BAG)*. ABF research, 2017.

WoON (2015). *Woononderzoek Nederland*, BZK 2015.