

# Energieverbruik en energiebesparing in de bestaande woningbouw en utiliteitsbouw

Toelichting energieverbruik huishoudens en diensten, onderverdeling energieverbruik naar functie, functioneel ontwerp model energiebesparing en decompositie analyse



## Energieverbruik en energiebesparing in de bestaande woningbouw en utiliteitsbouw

Toelichting energieverbruik huishoudens en diensten, onderverdeling  
energieverbruik naar functie, functioneel ontwerp model energiebesparing  
en decompositie analyse

Auteurs:	Robin Niessink, Hanna Jonker, Floris Uleman
Aantal pagina's:	72
Opdrachtgever:	Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO)
Projectnummer:	060.58299
Rapportnummer:	TNO 2024 P10123
Datum:	30 januari 2024

Brondata van de in het rapport opgenomen grafieken zijn op aanvraag beschikbaar via  
[robin.niessink@tno.nl](mailto:robin.niessink@tno.nl).

**Alle rechten voorbehouden**

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

© 2024 TNO

# Inhoudsopgave

## Contents

Inhoudsopgave .....	3
<b>1 Inleiding .....</b>	<b>4</b>
1.1 Aanleiding.....	4
1.2 Doel van dit rapport .....	4
1.3 Leeswijzer .....	5
<b>2 Energieverbruik en CO<sub>2</sub>-uitstoot .....</b>	<b>6</b>
2.1 Energieverbruik.....	6
2.2 Energieverbruik naar energiedrager .....	7
2.2.1 Beschrijving bronnen.....	8
2.2.2 Scope finaal energieverbruik.....	9
2.2.3 Bronbewerking .....	10
2.3 Hernieuwbare energieverbruik .....	10
2.3.1 Beschrijving bronnen.....	11
2.3.2 Scope .....	12
2.3.3 Bronbewerking .....	13
<b>3 Onderverdeling energieverbruik naar energiefuncties .....</b>	<b>14</b>
3.1 Resultaat onderverdeling naar energiefuncties huishoudens .....	14
3.2 Resultaat onderverdeling naar energiefuncties diensten .....	15
3.3 Bronbewerking .....	17
3.3.1 Onderverdeling naar energiefuncties bij huishoudens .....	17
3.3.2 Onderverdeling naar energiefuncties bij diensten.....	28
<b>4 Energiebesparing en CO<sub>2</sub>-reductie.....</b>	<b>30</b>
4.1 Verkoopcijfers bestaande bouw.....	30
4.2 Resultaat installaties en isolatie per marktsegment .....	33
4.3 Resultaat energiebesparing per marktsegment.....	35
4.4 Resultaat CO <sub>2</sub> -reductie .....	37
4.5 Beschrijving methode energiebesparing.....	38
4.5.1 Beschrijving bronnen.....	40
4.5.2 Scope .....	43
4.5.3 Bronbewerking .....	46
<b>5 Decompositie-analyse.....</b>	<b>66</b>
5.1 Wat is een decompositie analyse? .....	66
5.2 Resultaat huishoudens.....	66
5.3 Resultaat diensten.....	67
5.4 Beschrijving bronnen.....	67
5.5 Scope .....	68
5.6 Bronbewerking .....	68
5.6.1 Methode voor huishoudens.....	68
5.6.2 Methode voor dienstensector .....	69
<b>Bronnenlijst .....</b>	<b>71</b>

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

De Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO.nl) brengt ieder jaar in opdracht van het ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (BZK) de laatste ontwikkelingen rondom de verduurzaming van de gebouwde omgeving in kaart. Dat resulteert in de *Monitor Verduurzaming Gebouwde Omgeving*. Deze monitor bestaat inmiddels meer dan 10 jaar. Voorheen heette het de *Monitor Energiebesparing Gebouwde Omgeving*. Het monitoringsrapport is te vinden op [www.rvo.nl/energiecijfers](http://www.rvo.nl/energiecijfers). Er is ook een online database en dashboard beschikbaar via [www.energiecijfers.databank.nl](http://www.energiecijfers.databank.nl).

In de *Monitor Verduurzaming Gebouwde Omgeving* komen diverse onderwerpen aan bod. Te denken valt aan voorraadgegevens, energielabels, energieverbruik, broeikasgasemissies, hernieuwbare energie, energiebesparing, energierekening en circulair bouwen. De monitor geeft een overzicht van de energiebesparende maatregelen die jaarlijks in de gebouwde omgeving zijn getroffen. Daarnaast geeft het een overzicht van de jaarlijks gerealiseerde gebouwgebonden energiebesparing. In het rapport komen resultaten van de door RVO uitgevoerde enquêteonderzoeken aan bod. Maar er wordt hierbij ook gebruik gemaakt van cijfers en rapporten van onder meer CBS, PBL en TNO. De uitsplitsingen van het finaal energieverbruik voor huishoudens en diensten, de berekeningen van de gebouwgebonden energiebesparing en de decompositie analyse van het energieverbruik zijn uitgevoerd door TNO.

Tot heden was er nog geen (actuele) beschrijving beschikbaar van de door TNO gehanteerde rekenmethoden en het rekenmodel voor de energiebesparing om te komen tot de resultaten voor de *Monitor Verduurzaming Gebouwde Omgeving*. RVO heeft TNO gevraagd om een rapport met een beschrijving hiervan. Naar voorliggend rapport wordt verwezen in de *Monitor Verduurzaming Gebouwde Omgeving* voor nadere toelichting.

## 1.2 Doel van dit rapport

Het doel van dit rapport is om aan te geven waarop de resultaten van TNO in de *Monitor Verduurzaming Gebouwde Omgeving* gebaseerd zijn. Het doel van dit rapport is om een overzicht en een toelichting te geven op de gebruikte gegevensbronnen, de verwerking daarvan, de rekenmethodes en de aannames.

TNO analyseert de statistieken over finaal energieverbruik, de CO<sub>2</sub>-uitstoot en het verbruik van hernieuwbare energie in de gebouwde omgeving. De methode die TNO gebruikt om de onderverdeling te maken van het aardgasverbruik, elektriciteitsverbruik en het overige energieverbruik naar energiefuncties (verwarming, verlichting, etc.) wordt in dit rapport beschreven.

TNO berekent de jaarlijks gerealiseerde gebouwgebonden energiebesparing voor woningen, diensten en utiliteitsbouw<sup>1</sup>. De methode die daarbij gebruikt is wordt nader toegelicht in dit rapport.

TNO heeft verder een decompositie analyse uitgevoerd welke de bepalende factoren in de ontwikkeling van het energieverbruik weergeeft over de afgelopen 10 jaar. Deze decompositie is gemaakt door het combineren van cijfers over het energieverbruik, de gebouwgebonden energiebesparing, gebouwvoorraad, klimaat en andere factoren. De decompositie is apart uitgevoerd voor woningen en diensten. De methode hiervoor wordt in dit rapport toegelicht.

In het rapport worden op een aantal plekken een aantal suggesties voor verbetering genoemd. Het doel is dat deze verbeterpunten gebruikt kunnen worden (voornamelijk door TNO zelf) voor het verbeteren van dataverwerkingen, aannames en de rekenmodellen. Een groot aantal van deze verbeteringen kunnen al in een volgende versie door TNO geïmplementeerd worden in de berekeningen, dit omdat de informatie hierover al beschikbaar is. Voor een aantal geldt dat de mogelijkheden eerst verder verkend moeten worden, in samenwerking met RVO en/of andere partijen.

## 1.3 Leeswijzer

In ieder hoofdstuk wordt aan het begin van het hoofdstuk eerst het resultaat weergegeven. Vervolgens worden in de volgende paragrafen de gebruikte bronnen en methode verder toegelicht.

In Hoofdstuk 2 wordt eerst ingegaan op het totale finale energieverbruik voor huishoudens en dienstensector. In Hoofdstuk 2.2 komt het energieverbruik onderverdeeld naar energiedragers aan bod. In Hoofdstuk 2.3 komt het hernieuwbare energieverbruik voor warmte aan bod.

In Hoofdstuk 3 komt de opdeling van het energieverbruik naar energiefuncties aan bod.

Hoofdstuk 4 geeft toelichting op de methode voor de energiebesparing en CO<sub>2</sub>-reductie.

In Hoofdstuk 5 worden de resultaten weergegeven van de decompositie analyse en wordt de methode toegelicht.

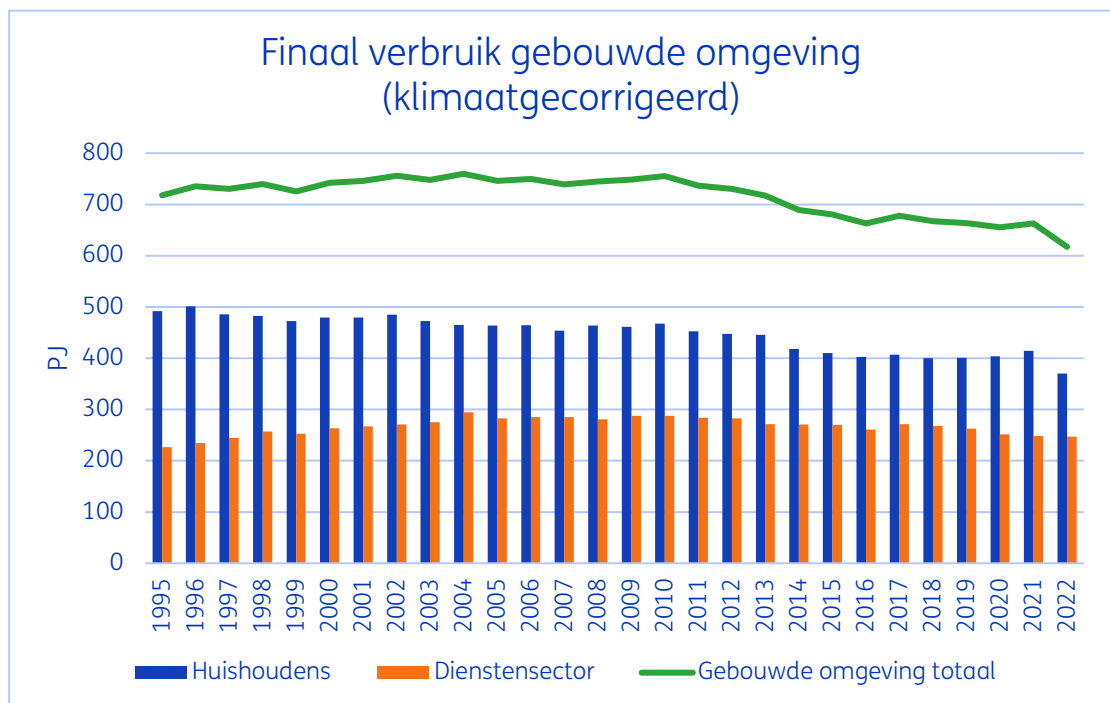
---

<sup>1</sup> Het verschil tussen dienstensector en utiliteitsbouw zit hem in de afbakening van de gebouwvoorraad op basis van de economische activiteiten. We kijken in dit onderzoek naar het energieverbruik van gebouwen in de dienstensector; het gaat daarbij om de hoofdgroepen G t/m S + U uit de Standaard Bedrijfsindeling (SBI) van het CBS. De utiliteitsbouw betreft alle gebouwen in Nederland die geen woonbestemming hebben (alle sectoren uit de SBI). Voor de energiebesparing in dit rapport is onderscheid gemaakt naar de dienstensector en overige utiliteitsgebouwen.

## 2 Energieverbruik en CO<sub>2</sub>-uitstoot

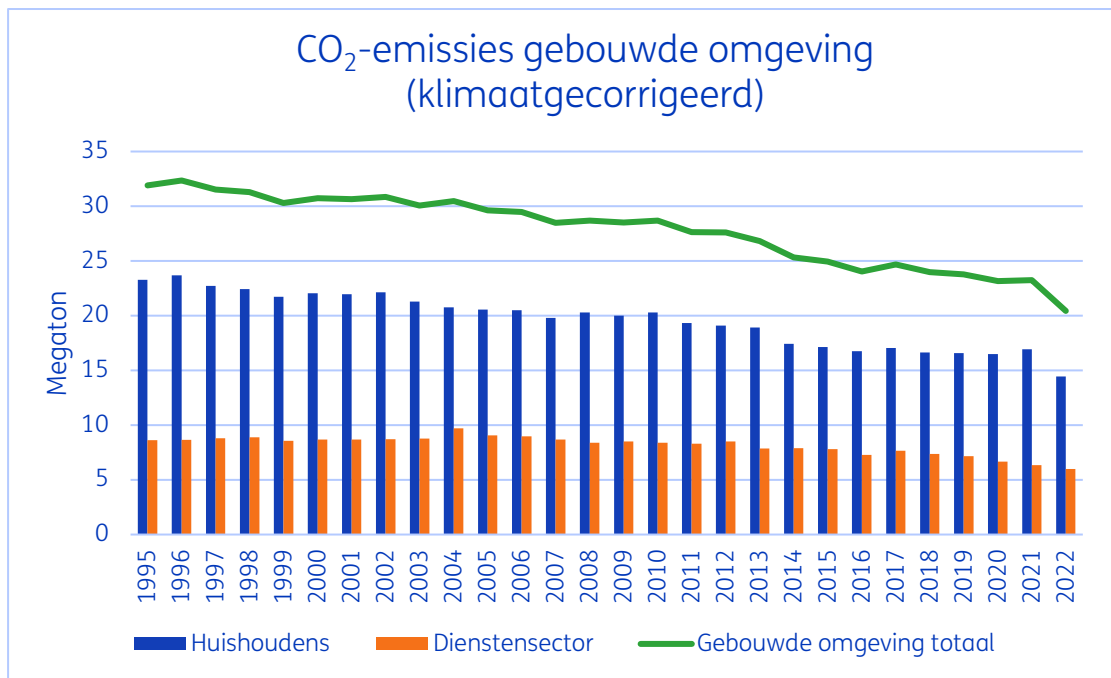
### 2.1 Energieverbruik

In Figuur 2.1 is het finaal energieverbruik in de gebouwde omgeving weergegeven vanaf 1995 met daarbij onderscheid naar huishoudens en dienstensector.



**Figuur 2.1:** Finaal energieverbruik gebouwde omgeving PJ (klimaatgecorrigeerd)

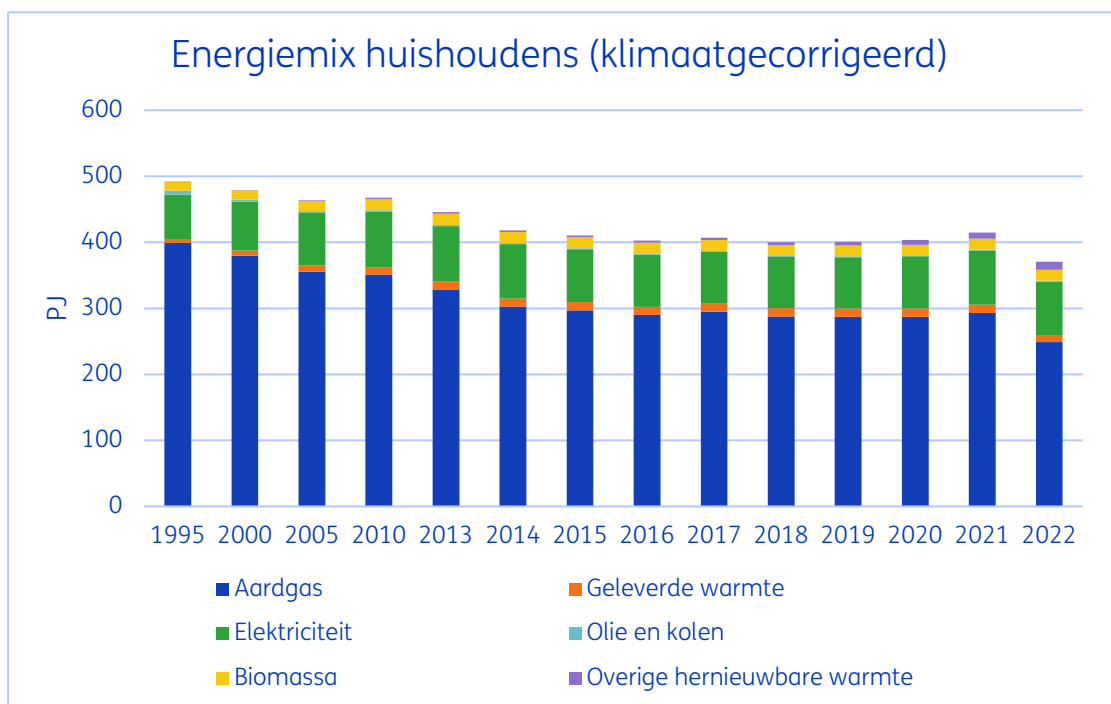
In Figuur 2.2 is de CO<sub>2</sub>-emissie in de gebouwde omgeving weergegeven vanaf 1995 met daarbij onderscheid naar huishoudens en dienstensector. Alleen directe emissies door lokale verbranding van brandstoffen worden meegenomen in de emissies van de gebouwde omgeving. Dus niet de indirecte emissies door elektriciteitsproductie in de energiesector, of de emissies van warmtebronnen voor warmtenetten.



Figuur 2.2: CO<sub>2</sub>-uitstoot gebouwde omgeving in megaton (klimaatgecorrigeerd)

## 2.2 Energieverbruik naar energiedrager

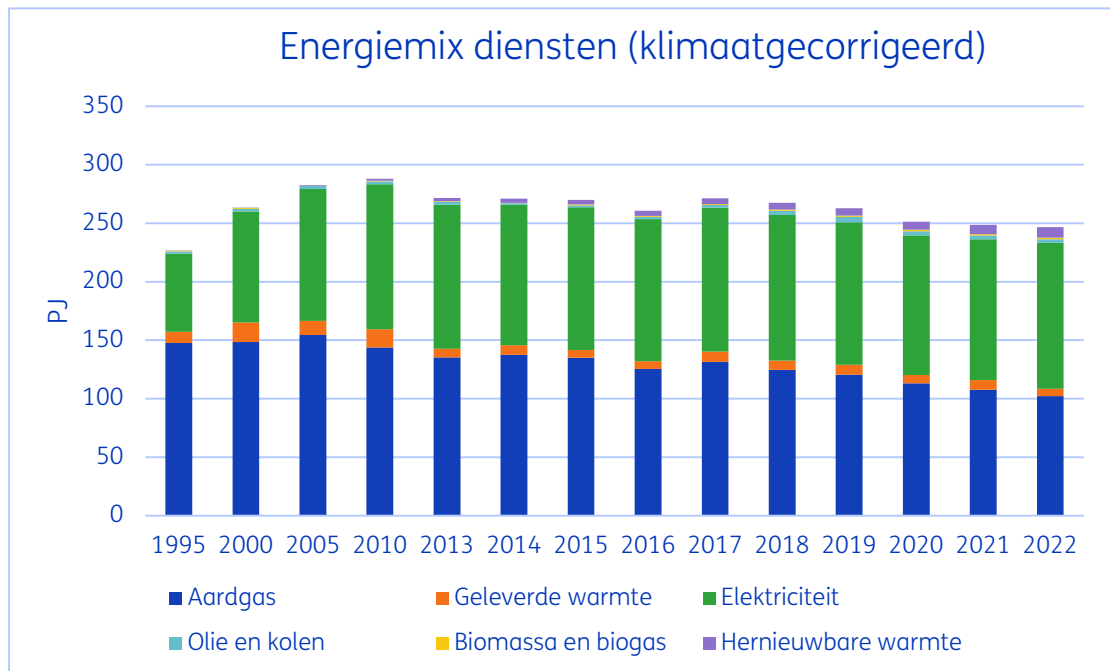
Het energieverbruik per energiedrager voor huishoudens is weergegeven in Figuur 2.3.



Figuur 2.3: Energiemix huishoudens PJ (klimaatgecorrigeerd)



Het energieverbruik per energiedrager voor diensten is weergegeven in figuur 2.4



Figuur 2.4: Energimix diensten PJ (klimaatgecorrigeerd)

## 2.2.1 Beschrijving bronnen

Voor de cijfers over het finaal energieverbruik (dat wil zeggen: het verbruik bij de eindverbruiker) wordt aangesloten op de cijferreeksen uit de meest recente Klimaat- en verkenning (KEV). Reeksen voor de energiestatistiek in de KEV komen uit de CBS energiebalans waarbij er onderscheid is naar energiedrager. Om trends beter zichtbaar te maken wordt in de KEV een klimaatcorrectie uitgevoerd op de statistiek. De klimaatgecorrigeerde reeksen worden weergegeven in dit rapport.

### Klimaatcorrectie in de Klimaat- en verkenning (KEV)

Het energieverbruik in de gebouwde omgeving en specifiek het deel dat gaat naar ruimteverwarming of ruimtekoeling hangt af van het weer. De klimaatcorrectie houdt rekening met de invloed van weervariabelen (niet alleen de buitentemperatuur) op het energieverbruik. De klimaatcorrectie is alleen van toepassing op het weersgevoelige deel van het verbruik. Dat is aardgas of levering van warmte met warmtenetten voor ruimteverwarming. Het elektriciteitsverbruik voor ruimteverwarming met warmtepompen wordt in de KEV overigens niet gecorrigeerd. Het energieverbruik voor ruimtekoeling met warmtepompen wordt ook niet gecorrigeerd. In de toekomst wordt het – vanwege de toename in het aantal warmtepompen – wel steeds meer van belang om het energieverbruik van warmtepompen voor verwarmen én koelen ook te gaan corrigeren. De methode voor de klimaatcorrectie voor ruimteverwarming is in 2022 herzien. Meer toelichting over deze wijziging is terug te vinden in een PBL-studie (Volkers et al., 2022).

### Hoe wordt omgegaan met updates van statistieken?

Dat wordt aangesloten bij de meest recente statistieken uit de KEV houdt in dat wanneer een reeks in de KEV wordt herzien, bijvoorbeeld omdat de achterliggende CBS statistiek gewijzigd is (doordat er bijvoorbeeld een wijziging in de bepalingsmethode is die het CBS gebruikt), dat dan de cijfers in de monitor (eventueel in het daaropvolgende jaar) ook worden aangepast.

## 2.2.2 Scope finaal energieverbruik

In Tabel 2.1 is de scope voor het totale finale energieverbruik voor huishoudens en diensten aangegeven.

Het totale finaal energieverbruik bij huishoudens bevat alle energiedragers die geconsumeerd worden bij huishoudens. Het betreft de energie die via het energienetwerk aangeleverd wordt (aardgas, elektriciteit, warmtelevering), het verbruik van lokaal opgewekte hernieuwbare energie en het lokaal verbruik van fossiele brandstoffen (olie, kolen). Ook de omgevingswarmte die warmtepompen benutten wordt meegerekend in het finaal verbruik. Het elektriciteitsverbruik bij huishoudens is inclusief het eigen verbruik van zonnestroom (zie: [KEV tabellenbijlage](#)).

Het finaal energieverbruik bij diensten bevat alle energiedragers die geconsumeerd worden bij diensten. Het betreft de energie die via het energienetwerk aangeleverd wordt (aardgas, elektriciteit, warmtelevering), het verbruik van lokaal opgewekte hernieuwbare energie en het lokaal verbruik van fossiele brandstoffen (olie, kolen). Ook de omgevingswarmte die warmtepompen benutten wordt meegenomen in het finaal verbruik. Het olieverbbruik voor verwarming is ook meegenomen. Het olieverbbruik voor mobiele werktuigen in de dienstensector valt buiten beschouwing, dit wordt namelijk toegerekend aan de transportsector. Het elektriciteitsverbruik is inclusief het elektriciteitsverbruik uit eigen opwekking (het eigen verbruik uit warmtekrachtinstallaties en zonnestroom) (zie: [KEV tabellenbijlage](#)). In de dienstensector wordt ook het aardgas dat wordt ingezet als input in warmtekrachtkoppeling-installaties (WKK) en het saldo aardgas van overige omzettingen meegenomen, omdat ook dit binnen de dienstensector valt (dit betreft een update, zie paragraaf 2.2.3). In de KEV 2023 worden overigens ook de omzettingsverliezen bij de oliehandel en het verbruik van aardgas voor het op druk brengen van de velden voor gasopslag (kussengas) meegenomen bij de diensten (zie: [KEV tabellenbijlage](#)), maar in deze analyse is dit niet meegenomen.

**Tabel 2.1:** Scope finaal energieverbruik

Energiedrager	Meegenomen in totaal finaal verbruik huishoudens?	Meegenomen in totaal finaal verbruik diensten?
Aardgas	Ja	Ja, met inclusie van input WKK en saldo overige omzettingen
Olie (alleen voor verwarming)	Ja	Ja
Kolen	Ja	Ja
Biomassa	Ja	Ja
Biogas	N.v.t.	Ja
Zonneboilers	Ja	Ja
Energie-input WKK	N.v.t.	Alleen aardgas

Energiedrager	Meegenomen in totaal finaal verbruik huishoudens?	Meegenomen in totaal finaal verbruik diensten?
Energie input (saldo) overige omzettingen	N.v.t.	Alleen aardgas
Geleverde warmte	Ja	Ja
Elektriciteit	Ja	Ja
Omgevingswarmte	Ja	Ja

## 2.2.3 Bronbewerking

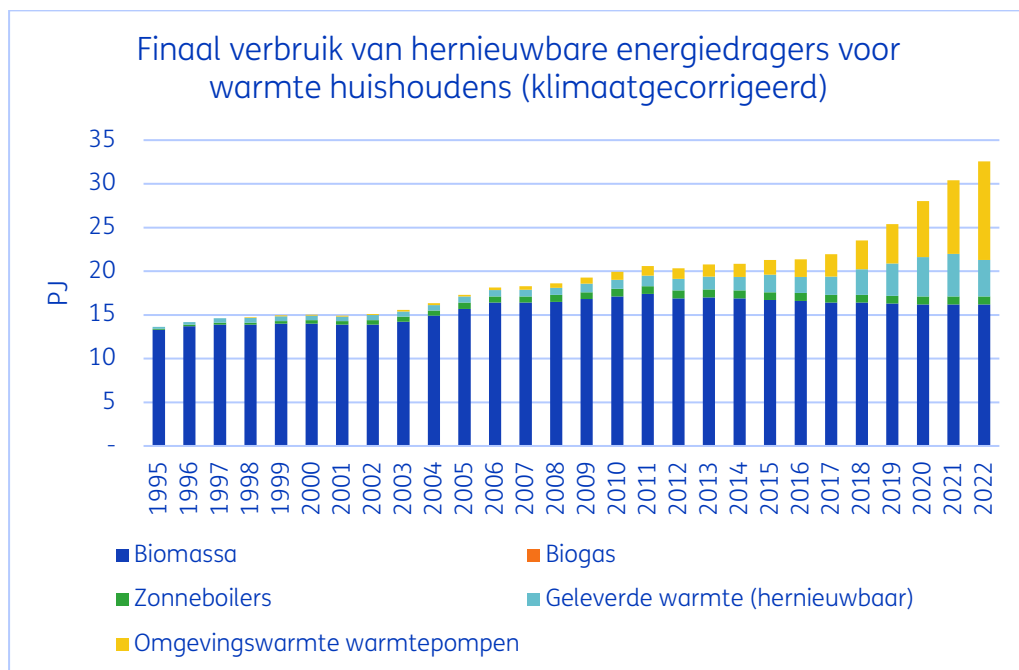
### Aanpassing scope finaal aardgasverbruik diensten

Het finaal aardgasverbruik bij diensten wordt weergegeven als de som van het energetisch aardgasverbruik, het aardgasverbruik dat wordt ingezet als input in warmtekrachtkoppeling-installaties (WKK), en het saldo van overige omzettingen. Deze optelling sluit aan bij hoe het aardgasverbruik van de dienstensector in de [KEV tabellenbijlage](#) wordt weergegeven.

Opmerking: Het betreft hier een update die in 2023 is doorgevoerd door TNO op de resultaten. Het gaat hier om een aanpassing met terugwerkende kracht ten opzichte van vorige monitoringsrapportages, waarin door TNO nog alleen het energetisch aardgasverbruik werd meegenomen voor de dienstensector.

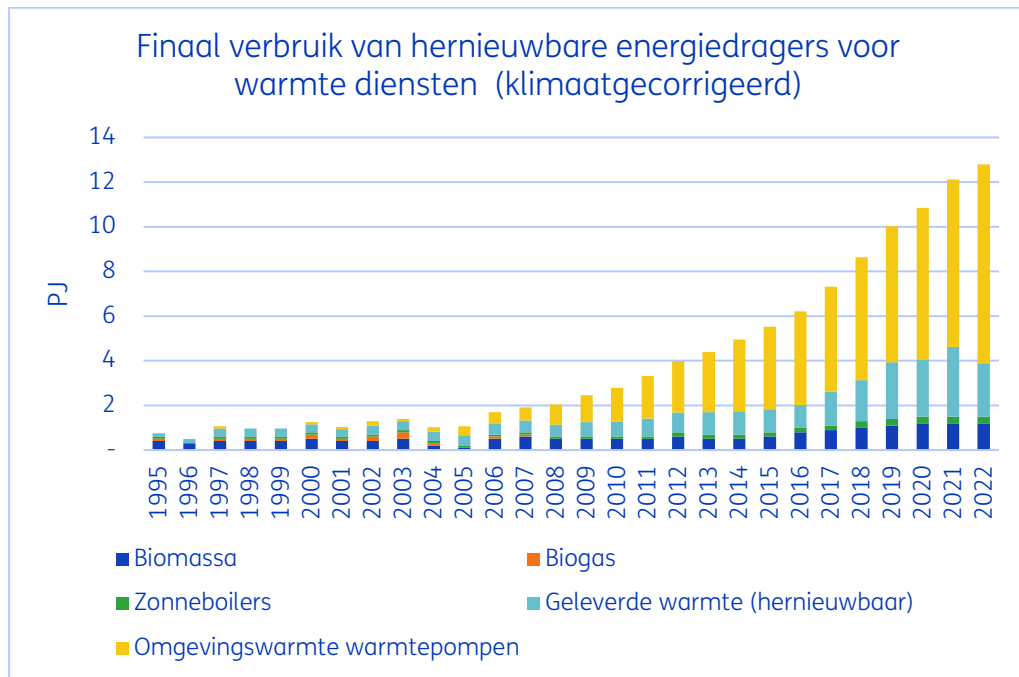
## 2.3 Hernieuwbare energieverbruik

Het hernieuwbare finale energieverbruik voor warmte per energiedrager voor huishoudens is weergegeven in Figuur 2.5.



**Figuur 2.5:** Finaal verbruik van hernieuwbare energiedragers voor warmte huishoudens in PJ (klimaatgecorrigeerd)

Het hernieuwbare finale energieverbruik voor warmte per energiedrager voor diensten is weergegeven in Figuur 2.6.



**Figuur 2.6:** Finaal verbruik van hernieuwbare energiedragers voor warmte diensten in PJ (klimaatgecorrigeerd)

## 2.3.1 Beschrijving bronnen

In de resultaten wordt het verbruik van hernieuwbare warmte weergegeven voor huishoudens en diensten. Het finaal energieverbruik per energiedrager is afkomstig uit de KEV (die weer afkomstig is uit de CBS energiebalans). De klimaatgecorrigeerde cijfers per energiedrager worden hiervoor gehanteerd. Voor de inschatting van het hernieuwbare warmteverbruik uit warmtelevering met warmtenetten is een bewerking nodig.

### Hernieuwbare warmtelevering

De cijfers over het finaal verbruik van warmte uit warmtenetten (PJ) met onderscheid tussen woningen en diensten komen uit de KEV (vanuit de CBS energiebalans). Deze cijfers worden gebruikt voor de berekening van het hernieuwbare warmteverbruik bij huishoudens en diensten.

Voor het aandeel hernieuwbare warmtelevering is gebruikt gemaakt van de volgende bronnen die informatie geven over de warmteproductiemix voor warmtenetten:

- Vanaf 2020: Duurzaamheidsrapportages warmtebedrijven (RVO, 2023; ECW, 2022)
- Van 2015 t/m 2019: De CBS/TNO Warmtemonitor (CBS en TNO, 2019; CBS en TNO, 2020)
- Eerder dan 2015: Klimaat- en Energieverkenning/KEV (destijds Nationale Energieverkenning/NEV).

## 2.3.2 Scope

In het finaal verbruik wordt meegenomen als hernieuwbare warmte:

- Biomassa
- Biogas (alleen in de dienstensector)
- Omgevingswarme
- Zonnewarmte
- Geleverde hernieuwbare warmte met warmtenetten.

Biomassa wordt verbruikt in houtkachels bij huishoudens en in biomassa-installaties in de dienstensector.

Biogas is gas uit biomassa die geen aardgaskwaliteit heeft. Dit is dus wat anders dan groen gas dat wordt bijgemengd in het aardgasnet. Het biogasverbruik is nul bij huishoudens en bij de dienstensector sinds 2008 niet meer aanwezig. Het biogas bij diensten werd destijds ingezet voor directe verbranding in stoomketels.

Omgevingswarme betreft de warmte die wordt onttrokken aan de omgeving (lucht, water, bodem) door warmtepompen.

Zonnewarmte betreft het warmteverbruik uit zonneboilers (zonnecollectoren).

De hernieuwbare warmte die wordt geleverd met warmtenetten komt uit verschillende bronnen. Warmte geproduceerd uit biomassa, meestook van biomassa in centrales, de biogene fractie uit afval en zonnewarmte tellen hierin mee als hernieuwbaar. In recentere jaren komt ook een deel van de warmtelevering in de gebouwde omgeving uit aquathermie en geothermie en dit wordt ook meegenomen als hernieuwbaar. Voor zichtjaren vanaf 2015 wordt het aandeel hernieuwbare warmte geleverd met de 'grote netten' gehanteerd afkomstig uit de CBS en TNO Warmtemonitor en uit de ECW duurzaamheidsrapportages. Grote netten zijn in de definitie van de Warmtemonitor netten die jaarlijks meer dan 150 TJ warmte leveren aan consumenten.

***Aanbeveling:** ECW monitort naast de warmtelevering van de grote netten ook de warmtelevering van de middelgrote en kleine netten en welke warmtebronnen deze hebben. Deze informatie is beschikbaar voor de laatste jaren. Aanbeveling is om deze informatie te betrekken in de berekening van het aandeel hernieuwbare warmtelevering voor de laatste jaren.*

### *Opmerking over groen gas*

Biogas (dat geen aardgaskwaliteit heeft) wordt eerst opgewaardeerd naar groen gas voordat het geïnjecteerd wordt in het aardgasnet. Na opwaardering is het qua moleculaire samenstelling niet meer te onderscheiden van aardgas. Het biogas dat uiteindelijk het aardgasnet ingaat als groen gas is onderdeel van het aardgasverbruik bij de diverse sectoren (Volkers, 2023). In de statistiek wordt het bijgemengde groen gas over het aardgasverbruik van de sectoren verdeeld. Dit naar rato van het aardgasverbruik. Wanneer het aandeel groen gas bijmenging in een jaar bekend is, kan hiermee ingeschat worden hoeveel groen gas verbruikt wordt in een bepaalde sector. Deze methode zal ook in de KEV2024 gebruikt worden om het aandeel hernieuwbare energie in de gebouwde omgeving en industrie mee te berekenen (Volkers, 2023).

***Aanbeveling:** In de uitsplitsing van het energieverbruik naar energiedragers is groen gas momenteel niet meegenomen als aparte energiedrager, maar maakt onderdeel uit van het aardgasverbruik. Naar rato van het aardgasverbruik per sector en de bijmenging van groen gas in het aardgasnet kan het groen gas verbruik per sector worden berekend. Vervolgens kan groen gas worden meegenomen in het hernieuwbare warmteverbruik.*

*Invloed bijmenging groen gas op emissiefactor aardgas*

Voor de directe CO<sub>2</sub>-emissies door verbanding van aardgas in de gebouwde omgeving wordt in de KEV rekening gehouden met groen gas bijmenging. De emissiefactor van aardgas is daarbij aangepast aan de hand van het aandeel groen gas bijmenging in het aardgasnet. Deze aangepaste emissiefactor van aardgas is gebruikt om de CO<sub>2</sub>-emissiereductie mee te berekenen in dit rapport (zie paragraaf 4.5.3 stap 9).

## 2.3.3 Bronbewerking

### Hernieuwbare warmtelevering

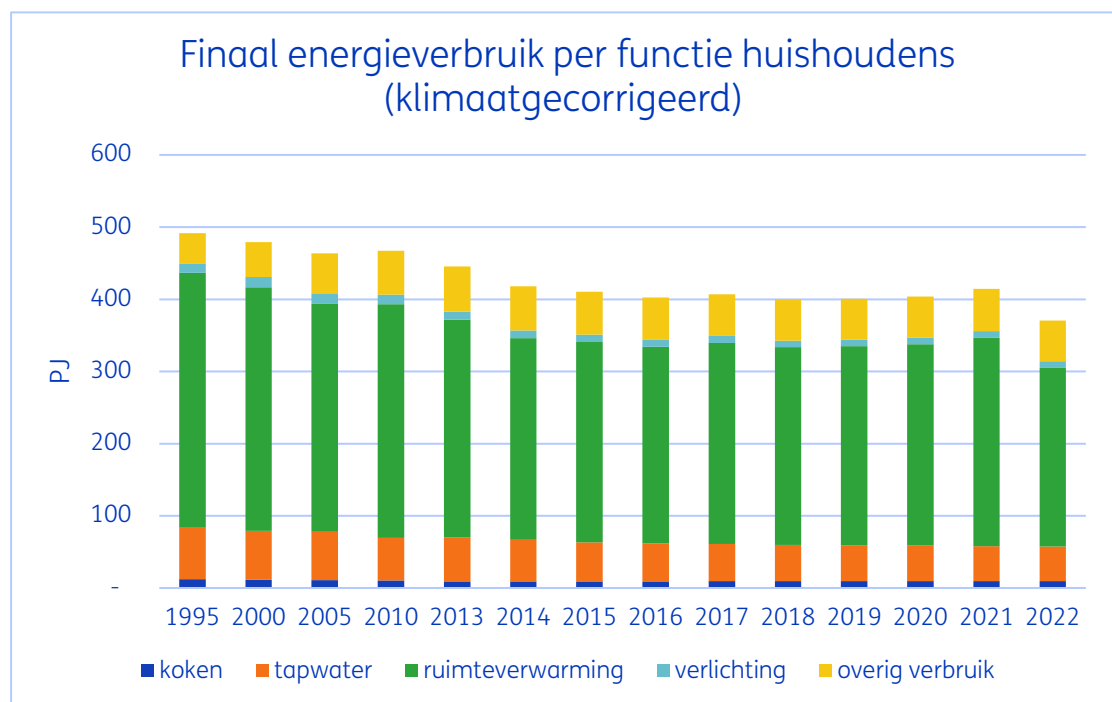
Voor zichtjaren eerder dan 2015 zijn cijfers uit de Klimaat- en Energieverkenning gebruikt over de hernieuwbare warmteproductie voor warmtenetten met afvalverbrandingsinstallaties en biomassa meestook in centrales. Hiermee is het hernieuwbare aandeel in de totale warmteproductie berekend. Dit is vervolgens vermenigvuldigd met de warmtelevering aan huishoudens en diensten.

Voor 2015 en latere jaren is het aandeel hernieuwbare warmtelevering met “de grote warmtenetten” gehanteerd voor het aandeel hernieuwbare warmtelevering met warmtenetten. Tot en met 2019 komt dit aandeel uit de Warmtemonitor en vanaf 2020 uit de Duurzaamheidsrapportages van de warmtebedrijven. Het aandeel hernieuwbaar in de warmteproductie voor de warmtenetten is vermenigvuldigd met de warmtelevering aan huishoudens en diensten.

# 3 Onderverdeling energieverbruik naar energiefuncties

## 3.1 Resultaat onderverdeling naar energiefuncties huishoudens

Het energieverbruik per energiefunctie voor huishoudens is weergegeven in Figuur 3.1.



**Figuur 3.1:** Energieverbruik per functie huishoudens PJ (klimaatgecorrigeerd)

Het finaal verbruik bij huishoudens is onderverdeeld naar energiefuncties. Om het aardgas- en elektriciteitsverbruik te berekenen per energiefunctie is gebruikt gemaakt van formules die zijn ontwikkeld door ECN<sup>2</sup> en worden beschreven in een ECN rapport uit 2013 (Tigheelaar, 2013). Dit rapport was oorspronkelijk een vertrouwelijk rapport, maar is inmiddels openbaar.

<sup>2</sup> De formules voor het gasverbruik voor koken en warm tapwater zijn oorspronkelijk ontwikkeld op de gegevens verzameld in het HOME panelonderzoek uit 2009. Dit aan de hand van gemeten energieverbruiksdata. Dit wordt verder beschreven in een vertrouwelijk rapport: Menkveld et al (2009): Gasverbruik voor koken en warm tapwater, analyses t.b.v. de formules in. HOME, ECN-X-09-107, 2009.

De huidige methode wordt nader toegelicht in 3.2.1.1. Daarbij zijn ook de actualisaties van gegevensbronnen voor de recentere jaren meegenomen. Tabel 3.1 geeft aan welke energiefuncties worden onderscheiden en welke energiedragers zijn meegenomen. Overig elektriciteit bestaat voornamelijk uit huishoudelijke apparaten.

**Tabel 3.1:** Onderverdeling energiefuncties huishoudens

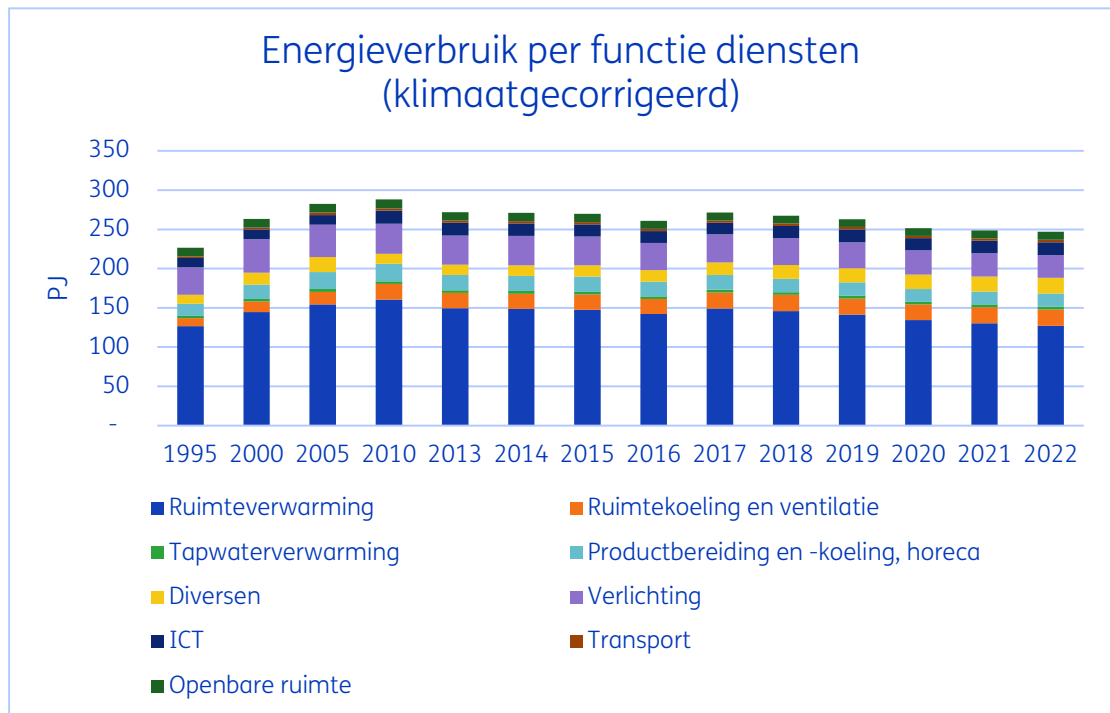
Energiefunctie huishoudens	Energiedrager(s)	Methode bepaling verbruik energiefunctie
Koken	Aardgas Elektriciteit	Aardgas koken: Berekend a.d.h.v. methode ECN, 2013 Elektriciteit koken: Berekend a.d.h.v. methode ECN, 2013
Warm water	Aardgas Elektriciteit Zonnewarmte	Aardgas voor warm water: Berekend a.d.h.v. methode ECN, 2013  Elektriciteit voor warm water: Berekend a.d.h.v. methode ECN, 2013  Zonnewarmte: volledig toegekend aan warm tapwater
Ruimteverwarming	Aardgas Elektriciteit Olie Kolen Biomassa Geleverde warmte Omgevingswarmte	Aardgas voor ruimteverwarming = Totaal aardgas – aardgas koken – aardgas warm water  Elektriciteit voor ruimteverwarming: Berekend a.d.h.v. methode ECN, 2013  Overige energiedragers: volledig toegekend aan ruimteverwarming
Hulpverbruik verwarming	Elektriciteit	Berekend a.d.h.v. methode ECN, 2013
Koeling	Elektriciteit	Berekend a.d.h.v. methode ECN, 2013
Verlichting	Elektriciteit	Berekend a.d.h.v. methode ECN, 2013
Overig	Elektriciteit	Overig elektriciteit = Totaal elektriciteit – berekende energiefuncties elektriciteit

In Hoofdstuk 2 zijn de energiedragers toegelicht. In de uitsplitsing van het finaal verbruik naar energiefuncties (zie Figuur 3.2) zijn de verschillende energiedragers meegenomen. Het verbruik voor aardgas en elektriciteit worden hierbij uitgesplitst naar de verschillende energiefuncties. De andere energiedragers zijn toegekend aan één energiefunctie, namelijk zonnewarmte aan tapwater en de andere energiedragers aan ruimteverwarming.

## 3.2 Resultaat onderverdeling naar energiefuncties diensten

Het energieverbruik per energiefunctie voor diensten is weergegeven in Figuur 3.2.





**Figuur 3.2:** Energieverbruik per functie diensten PJ (klimaatgecorrigeerd)

Het finaal verbruik in de dienstensector is onderverdeeld naar energiefuncties. Om dit te bepalen is per type utiliteitsgebouw bepaald hoe het energieverbruik verdeeld is over de functies. De achterliggende bron hiervoor is het rapport van Meijer E&M (Meijer en Verweij, 2009). De gegevens uit het rapport zijn verwerkt in het SAVE-S model dat gebruikt wordt voor de KEV. Voor ieder zichtjaar (1995 t/m 2022) is de procentuele onderverdeling naar energiefuncties uit SAVE-S toegepast op het finaal energieverbruik van de dienstensector. De energiefuncties die hierbij worden onderscheiden zijn toegelicht in paragraaf 3.2.1.2.

### Achtergrond

In 2009 heeft Meijer Energie- & Milieumanagement het energieverbruik per functie voor diverse utiliteitsgebouwen geïnventariseerd (Meijer en Verweij, 2009):

- Kantoren
- Sport en recreatie, onderverdeeld in:
  - Zwembaden
  - Sporthallen
  - Kleedruimtes/kantines (buitensport accommodaties)
- Verpleeghuizen
- Ziekenhuizen
- Scholen, onderverdeeld in:
  - Lager onderwijs
  - Middelbaar onderwijs
  - HBO en Universiteiten
- Autobedrijven
- Groothandels
- Supermarkten
- Winkels zonder koeling
- Horeca

Het rapport van (Meijer en Verweij, 2009) beschrijft dat ‘het energieverbruik is gebaseerd op de meest recente gegevens van Meijer E&M of andere bronnen; de balansen zijn gebaseerd op de ervaring die Meijer E&M heeft opgedaan bij energieonderzoeken en –scans in de betreffende branches.’ Er is rekening gehouden met drie bouwjaarklassen (<1975; 1972-1995; >1995), welke zijn geaggregeerd tot een gemiddeld verbruik per gebouwtype.

Deze ‘Meijer kentallen’ hebben sindsdien een grote rol gespeeld binnen ECN en later binnen TNO onderzoek (zie bijvoorbeeld: [ECN, 2014](#), [TNO, 2019](#)). Deze kentallen zijn gebruikt in het KEV-rekenmodel voor de dienstensector: [SAVE-Services](#). In dit model wordt het aardgas en elektriciteitsverbruik van 21 gebouwtypen/gebruiksfuncties gemodelleerd van 1995 t/m 2050. Het model is voor de historische jaren gekalibreerd op het totale aardgas- en elektriciteitsverbruik uit de CBS statistiek voor de dienstensector. Om het verbruik en de besparing te kunnen simuleren over de jaren wordt per gebouwtype een verdeling naar energiefuncties toegepast. De achterliggende bron hiervoor is het rapport van Meijer E&M. Het verbruik per functie zal vervolgens over de jaren heen veranderen door simulatie.

#### *Opmerking*

Het verbruik per energiefunctie is in de loop van het afgelopen decennium echter drastisch veranderd. Denk bijvoorbeeld aan ICT apparatuur, welke binnen de Meijer kentallen nog gebaseerd is op de ICT situatie in 2007 waarin ‘CRT-monitoren’ nog een belangrijke rol speelden. Ook het energieverbruik voor de functie verlichting is drastisch afgenomen door gebruik van energiezuinige verlichting.

***Aanbeveling:** Om deze redenen is het belangrijk de kentallen te updaten. Dit ‘updaten’ is deels gebeurd in de vorm van een TNO rapportage voor de winkelsector en zal 2024 ook door TNO worden gedaan voor kantoren. Hierbij zou het wenselijk zijn om indien mogelijk ook slimme meterdata te betrekken.*

## 3.3 Bronbewerking

### 3.3.1 Onderverdeling naar energiefuncties bij huishoudens

Voor iedere energiefunctie is een (bottom-up) berekening gemaakt van het aardgas- of elektriciteitsgebruik. Deze berekening is gemaakt uitgaande van het gemiddelde verbruik per type installatie voor een gemiddeld huishouden in Nederland en het aantal huishoudens met dit type installatie. Voor elektriciteit zijn de gegevens en berekeningen voor de verbruiken per type installatie uitgewerkt in het ECN onderzoek uit 2013 (Tichelaar, 2013). Voor aardgas worden regressieformules gebruikt om het gemiddelde gasverbruik per type installatie voor warm tapwater en koken te berekenen voor een gemiddeld huishouden. Deze formules zijn opgesteld met de gegevens uit het HOME 2009 onderzoekpanel in combinatie met gemeten energieverbruiksdata. Hiermee zijn formules ontwikkeld op basis van de parameters (beïnvloedende factoren voor het energieverbruik). In het ECN onderzoek uit 2013 zijn deze formules aangepast (Tichelaar, 2013). Deze aangepaste formules worden gebruikt en hieronder verder besproken. De formule is steeds ingevuld voor een gemiddeld huishouden in Nederland voor elk zichtjaar. De aannames voor de formule parameters (voor zowel aardgas als elektriciteit) zijn gebaseerd op brongegevens voor meerdere zichtjaren (uit de panelonderzoeken) en worden geïnterpoleerd en geëxtrapoleerd voor de ontbrekende zichtjaren. Het aantal huishoudens met een bepaald type installatie

(voor zowel aardgas als elektriciteit) zijn afkomstig uit brongegevens (CBS statistiek of extrapolatie van panelonderzoeksgegevens naar de woningvoorraad).

Per energiefunctie is het energieverbruik berekend door optelling van het berekende verbruik per type installatie. Het totale aardgas- en elektriciteitsverbruik is afkomstig uit de CBS statistiek. Nadat de verbruiken per functie zijn opgeteld blijft er een restpost over. Met deze restpost wordt de balans sluitend gemaakt. Bij aardgas is ‘ruimteverwarming’ die restpost. Bij elektriciteit blijft er een restpost over welke vooral huishoudelijke apparaten (‘overig’) betreft.

### Aardgas – Koken

Hiervoor wordt de volgende formule gebruikt:

$$\text{Gasverbruik koken per jaar} = \text{Gemiddeld gasverbruik koken per huishouden per jaar} * \text{aantal huishoudens dat kookt op aardgas}$$

Waarbij het gemiddeld gasverbruik per huishouden ( $\hat{y}$ ) (in m<sup>3</sup>/jaar) wordt berekend met de volgende formule:

$$\hat{y} = (9,57 x_1 + 2,90 x_2 + 3,55 x_3 + 0,375 x_4) x_5$$

De variabelen in deze formule worden toegelicht in Tabel 3.2.

Het gasverbruik voor koken wordt bepaald door het aantal personen in een huishouden, het aantal maaltijden dat zij gebruiken, het ovengebruik, het gasgebruik per maaltijd en de afname van het gasgebruik door elektrificering.

De gemiddelde gezinsgrootte is bepaald door het totaal aantal inwoners van Nederland te delen door het aantal bewoonde woningen. Beide gegevens zijn beschikbaar bij het CBS.

Voor het ovengebruik per week in elk zichtjaar is de waarde hierover uit het Home onderzoek vermenigvuldigd met het aandeel huishoudens met een gasfornuis dat ook een gasoven bezit. Gegevens hierover zijn afkomstig uit de BEK en Home onderzoeken (Tigchelaar, 2013) en de WoON energiemodule 2018.

Er is gevonden dat het gasverbruik per jaar voor koken in de periode 1987-2009 trendmatig met 0,375 m<sup>3</sup> per jaar afneemt. Het rapport (Tigchelaar, 2013) maakt hiervoor gebruik van het tijdsbestedingsonderzoek van het Sociaal en Cultureel Planbureau (SCP) dat laat zien dat de tijd die besteed wordt aan koken is afgenomen (door bijvoorbeeld een toename van het aantal kant-en-klaar maaltijden). Door de afgenomen tijdsbesteding is ook het energiegebruik voor koken afgenomen. Het effect kan niet heel precies worden bepaald, maar er is een inschatting gemaakt op basis van de twee ijkmomenten 1987 en 2009. Als op basis van de regressieformule (zonder dit effect) bepaald wordt wat het gasverbruik voor koken zou moeten zijn in 1987 dan is er een verschil van 8,25 m<sup>3</sup> per jaar, zelfs als rekening gehouden is met toenemende elektrificatie. Dit verschil wordt toegeschreven aan het afnemende gasverbruik per maaltijd. Bij een gelijkmatige afname van deze vraag betekent dit dat hierdoor het gasverbruik 0,375 m<sup>3</sup> per jaar lager is geworden. In de aangepaste regressieformule is 0,375 m<sup>3</sup> opgeteld voor elk jaar eerder dan 2009. Voor jaren na 2009 is deze factor ook meegenomen en zorgt dit voor een jaarlijkse afname.

**Aanbeveling:** Onderzocht moet worden in hoeverre deze afname met 0,375m<sup>3</sup>/jaar voor koken nog stand houdt in recentere jaren.

De factor elektrificering geeft aan wat de verhouding is van de warmtevraag voor koken die wordt ingevuld met gas ten opzichte van elektriciteit. Dit voor woningen met een gasfornuis. Vanuit het elektriciteitsverbruik per type apparaat en de warmtevraag voor koken per zichtjaar is deze verhouding afgeleid.

*Voorbeeldberekening factor elektrificering* (Tigchelaar, 2013): In 2009 werd gemiddeld 165 kWh aan elektriciteit en 37,8 m<sup>3</sup> aardgas gebruikt voor koken. Met een verondersteld rendement van 45% voor elektrisch koken en 40% voor koken op gas is dan in totaal 0,75 GJ aan warmte geproduceerd. In 1987 was dit in totaal 1,03 GJ. In 2009 was aardgas goed voor 64% van de warmte en in 1987 was dit 84%. In 1987 was het aandeel gas daarmee  $84/64 = 1,33$  keer groter dan in 2009. Deze ‘elektrificeringsfactor’ is toegevoegd aan de formule.

**Tabel 3.2:** Formule parameters aardgas voor koken

Parameter	Toelichting parameter	Waarde in 2022	Bronnen
$\hat{y}$	gemiddelde gasverbruik koken per huishouden (m <sup>3</sup> /jaar)	31,93	berekend
$x_1$	Gezinsgrootte	2,19	CBS
$x_2$	Maaltijden per week	7,14	1995-2012: Home, BAK-formule 2013-2017: interpolatie 2018: WoON2018 vanaf 2018: extrapolatie o.b.v. trend van afgelopen 4 jaar
$x_3$	Ovengebruik per week	0,04	1995-2012: Home 2013-2017: interpolatie 2018: WoON2018 vanaf 2018: extrapolatie
$x_4$	aantal jaren voor 2009	-13	-
$x_5$	factor elektrificering	0,86	1995-2012: Home 2012, VHK, 2008, BEK Vanaf 2012 extrapolatie
-	aantal huishoudens dat kookt op aardgas	5.441.522	1995-2012: Home 2013-2017: interpolatie 2018: WoON2018 vanaf 2018: extrapolatie

### Aardgas – warmwater

Het gasverbruik voor warm water wordt berekend voor de volgende toestellen: keukengeiser, badgeiser, gasboiler en combi-ketel. Daarbij wordt de volgende formule gebruikt:

$$\text{Gasverbruik per type toestel per jaar} = \text{Gemiddeld gasverbruik warm water per huishouden per jaar} * \text{aantal huishoudens met type toestel}$$

Waarbij het gemiddeld gasverbruik per huishouden ( $\hat{y}$ ) (in m<sup>3</sup>/jaar) wordt berekend met formules die verschillen per type toestel.

Specifiek geldt voor de keukengeiser:

$$\hat{y} = 93 + 40,9 x_1 - 10,2 x_2 + 12,01 x_3 + 5,62 x_4 + 11,25 x_5$$

Voor de badgeiser:

$$\hat{y} = 93 + 40,9 x_1 - 10,2 x_2 + 17,89 x_3 + 6,86 x_4 + 13,73 x_5$$

Voor de gasboiler:

$$\hat{y} = 250 + 48,56 x_1 - 10,2 x_2 + 27,35 x_3 + 9,31 x_4 + 18,62 x_5$$

En voor de combi-ketel:

$$\hat{y} = (61,2 + 68,21 (x_1 + 0,13) - 4,66 ((x_1 + 0,13) x_2) + 5,04 x_4 x_{11} / 8,03 / (x_9 / 0,49) + 7 x_5 - 0,45 x_6 + 12,14 x_7 + x_{12} - 24,91) / x_{10} + 2,62 * x_{18}$$

De variabelen in deze formules worden toegelicht in Tabel 3.4.

In deze formules wordt onder meer rekening gehouden met waterbesparende maatregelen, het toenemend rendement van warmwatertoestellen, veranderende douchetijden en de toename van het aantal close-in boilers. Er wordt ook rekening gehouden met toename van het rendement van de combi-ketel over de jaren.

De gemiddelde gezinsgrootte is bepaald door het totaal aantal inwoners van Nederland te delen door het aantal bewoonde woningen (zie aardgas voor koken). De hier genoemde gezinsfactor ( $x_1$ ) is een gewogen gemiddelde gezinsfactor, gewogen naar het aantal huishoudens met een bepaald aantal personen per gezin. De gewogen gemiddelde gezinsfactor in 2022 is 2,19. Deze wordt afgeleid van de gezinsgrootte, oftewel het aantal personen in het huishouden volgens Tabel 3.3 en het aantal huishoudens per gezinsgrootte. De gezinsgrootte van woningen met een combi-ketel is vaak iets groter. Daarom is de gezinsfactor voor combi-ketels met 0,13 opgehoogd.

**Tabel 3.3:** Bepaling van de gezinsfactor op basis van de gezinsgrootte (Tigchelaar, 2013)

Gezinsgrootte	1	2	3	4	5 of meer
Gezinsfactor	1,29	2,38	3,12	3,17	3,55

**Tabel 3.4:** Formule parameters aardgas voor warmwater

Parameter	Toelichting parameter	Waarde in 2022	Bronnen
$\hat{y}$	gemiddelde verbruik per type toestel (m <sup>3</sup> /jaar)	Keukengeiser: 266 Badgeiser: 292 Gasboiler: 514 Combi-ketel: 206	berekend
$x_1$	de gezinsfactor	2,19	CBS
$x_2$	aanwezigheid vaatwasser	75%	Home, WoOn2018
$x_3$	het aantal personen in het gezin	2,11	CBS
$x_4$	het gecorrigeerd aantal douches per huishouden per week	10,87	HOME, WoON 2018, resultaten enquêtes VEWIN
$x_5$	het gecorrigeerd aantal baden per huishouden per week	0,36	Resultaten enquêtes VEWIN
$x_6$	het aantal dagen waarop men afwezig was (opgehoogd naar geheel jaar) en	22	Home, WoON 2018

Parameter	Toelichting parameter	Waarde in 2022	Bronnen
$x_7$	het percentage combivat	27,5%	BAK en Home data, WoON 2018
$x_8$	Aantal jaren voor 2009	-13	-
$x_9$	waterbesparing	0,62	VEWIN
$x_{10}$	rendement combi-ketels	1,03	KWR en WoON en EPA. HOME 2015
$x_{11}$	Douche-minuten	8	VEWIN
$x_{12}$	Aandeel close-in-boiler	14%	Energiemodule WoON en interpolatie
-	aantal woningen met keukegeiser	55.848	SAWEC o.b.v. Home en WoOn
-	aantal woningen met badgeiser	36.259	SAWEC o.b.v. Home en WoOn
-	aantal woningen met gasboiler	27.284	SAWEC o.b.v. Home en WoOn
-	aantal woningen met combi-ketel	6.556.348	SAWEC o.b.v. Home en WoOn

### Aardgas - ruimteverwarming

Het gasverbruik voor ruimteverwarming wordt berekend als het verschil tussen het totale aardgasgebruik minus koken en warmwater.

### Elektriciteit – koken

Het elektriciteitsverbruik wordt berekend voor de volgende apparaten: standaard elektrisch fornuis, elektrische oven, losse oven en combimagnetron.

Daarbij wordt de volgende formule gebruikt:

$$\textit{Totaal elektriciteitsverbruik per type toestel} = \textit{Gemiddeld elektriciteitsverbruik toestel per huishouden per jaar} * \textit{aantal huishoudens met type toestel}$$

Waarbij het gemiddeld verbruik per type toestel per huishouden ( $\hat{y}$ ) (in kWh/jaar) bepaald is per type toestel.

Het gemiddelde verbruik van een standaard elektrisch fornuis is berekend o.b.v. de aanname dat dezelfde warmtevraag wordt ingevuld als met koken op aardgas. Er wordt rekening gehouden met afname van de warmtevraag voor koken door toename van de efficiency van de toestellen over de jaren.

Het gemiddelde verbruik van een elektrische oven of losse oven is berekend vanuit het verbruik in het basisjaar (1995). Het ovengebruik per week (parameter  $x_3$ , zie koken op aardgas) is gebruikt om het verbruik voor de verschillende zichtjaren mee te berekenen. Voor een combimagnetron in een vast getal gebruikt. Het stand-by gebruik van de elektrische oven en magnetron is meegerekend.

Het aantal woningen met een standaard elektrisch fornuis is berekend door het aantal woningen dat op gas kookt af te trekken van het totaal aantal particuliere huishoudens van CBS. Voor de andere drie toestellen zijn marktpenetratiegraden gehanteerd op basis van onderzoeken HOME en WoON en wordt interpolatie en extrapolatie toegepast voor de ontbrekende jaren.

**Tabel 3.5:** Formule parameters koken elektrisch

Parameter	Toelichting parameter	Waarde in 2022	Bronnen
$\hat{y}$	gemiddelde verbruik per toestel per huishouden (kWh/jaar)	standaard elektrisch fornuis: 321 elektrische oven: 15 losse oven: 3 combimagnetron: 96	Berekend
-	aantal woningen met standaard elektrisch fornuis	2.697.069	SAWEC o.b.v. home en WoOn
-	aantal woningen met elektrische oven	3.598.093	SAWEC o.b.v. home en WoOn
-	aantal woningen met losse oven	732.473	SAWEC o.b.v. home en WoOn
-	aantal woningen met combimagnetron	2.682.903	SAWEC o.b.v. home en WoOn

### Elektriciteit – warmwater

Het elektriciteitsverbruik wordt berekend voor een elektrische boiler, close-in-boiler en voor warmtepompen. Daarbij wordt de volgende formule gebruikt:

$$\textit{Totaal elektriciteitsverbruik per type toestel} = \textit{Gemiddeld elektriciteitsverbruik toestel per huishouden per jaar} * \textit{aantal huishoudens met type toestel}$$

Waarbij het gemiddeld verbruik per type toestel per huishouden ( $\hat{y}$ ) (in kWh/jaar) bepaald wordt per type toestel. Deze gegevens zijn voor elektrische boiler en close-in boiler afkomstig uit het SAWEC model. Voor de elektrische boiler en close-in-boiler is ieder één vaste aanname gedaan van het gemiddeld jaarverbruik. Het gemiddelde verbruik van een warmtepomp voor warm water per zichtjaar is afgeleid vanuit het aardgasgebruik voor warm water door een combi-ketel op gas en deze om te rekenen naar warmtevraag via een efficiency van 80% en vervolgens via een COP van 2,5 voor warm water om te rekenen naar elektriciteitsverbruik.

**Tabel 3.6:** Formule parameters warmwater elektrisch

Parameter	Toelichting parameter	Waarde in 2022	Bronnen
$\hat{y}$	gemiddelde verbruik per toestel per huishouden (kWh/jaar)	Warmtepompen: 580 elektrische boiler: 1403 close-in boiler: 219	SAWEC
-	aantal woningen met warmtepompen met warmwatervoorziening	405.846	CBS aantallen, exclusief lucht-lucht
-	aantal woningen met elektrische boiler	250.938	Energiemodule WoON en interpolatie en extrapolaties; CBS aantal particuliere huishoudens
-	aantal woningen met close-in boiler	1.043.232	Energiemodule WoON en interpolatie en extrapolaties; CBS aantal particuliere huishoudens

Voor de elektrische boiler en close-in-boiler zijn marktpenetratiegraden gehanteerd op basis van onderzoek WoON en wordt interpolatie en extrapolatie toegepast voor ontbrekende jaren. De marktpenetratiegraden zijn vermenigvuldigd met het aantal particuliere huishoudens in het zichtjaar van CBS.

Voor warmtepompen worden de CBS aantallen in de CBS statistiek gehanteerd exclusief lucht-lucht warmtepompen.

### Elektriciteit – ruimteverwarming

Het elektriciteitsverbruik wordt berekend voor elektrische vloerverwarming, bijverwarming en warmtepompen. Daarbij wordt de volgende formule gebruikt:

$$\textit{Totaal elektriciteitsverbruik per type installatie} = \textit{Gemiddeld elektriciteitsverbruik installatie per huishouden per jaar} * \textit{aantal huishoudens met type installatie}$$

Het gemiddelde verbruik van een warmtepomp voor ruimteverwarming is afgeleid vanuit de CBS statistiek. Het totale elektriciteitsverbruik is gedeeld door het aantal warmtepompen om tot een gemiddeld elektriciteitsverbruik per warmtepomp te komen. Vervolgens is het gemiddelde verbruik voor warm water hiervan afgetrokken. Voor vloer- en bijverwarming is een vast getal gebruikt (eigen aannames).

**Tabel 3.7:** Formule parameters ruimteverwarming elektrisch

Parameter	Toelichting parameter	Waarde in 2022	Bronnen
$\hat{y}$	gemiddelde verbruik per toestel per huishouden (kWh/jaar)	Warmtepompen: 2651 elektrische vloerverwarming: 158 elektrische bijverwarming: 210	Warmtepompen o.b.v. CBS Vloer- en bijverwarming een vast getal (eigen aannames)
-	aantal woningen met warmtepompen	405.846	CBS aantallen, exclusief lucht-lucht
-	aantal woningen met elektrische vloerverwarming	919.570	WoON met inter en-extrapolatie
-	aantal woningen met elektrische bijverwarming	247.812	WoON met inter en-extrapolatie

Voor de elektrische vloerverwarming en bijverwarming zijn marktpenetratiegraden gehanteerd op basis van onderzoek WoON en wordt interpolatie en extrapolatie toegepast voor ontbrekende jaren. De marktpenetratiegraden zijn vermenigvuldigd met het aantal particuliere huishoudens in het zichtjaar van CBS. Voor het elektriciteitsverbruik is voor ieder één vaste aanname gedaan van het gemiddeld jaarverbruik.

Voor warmtepompen worden de aantallen in de CBS statistiek gehanteerd exclusief lucht-lucht warmtepompen.

### Elektriciteit – hulpverbruik verwarming

Het elektriciteitsverbruik wordt berekend voor de hulpenergie die nodig is voor verwarming met blokverwarming, stadsverwarming en CV-ketels met verschillende rendementen namelijk CR, VR en HR. Daarbij wordt per installatie de volgende formule gebruikt:



*Totaal verbruik per type installatie = Gemiddeld elektriciteitsverbruik installatie per huishouden per jaar \* aantal huishoudens per type installatie*

**Tabel 3.8:** Formule parameters hulpenergie elektrisch

Parameter	Toelichting parameter	Waarde in 2022	Bronnen
$\hat{y}$	gemiddelde verbruik per installatie per huishouden (kWh/jaar)	Blokverwarming: 102 Stadsverwarming: 102 CR: 305 VR: 305 HR: 136	Blokverwarming: één vaste aanname Stadsverwarming één vaste aanname CR: één vaste aanname VR: één vaste aanname HR: één vaste aanname
-	aantal woningen per type installatie	Blokverwarming: 386.279 Stadsverwarming: 543.618 CR: 0 VR: 0 HR: 6.890.118	CBS aantallen

Voor het aantal huishoudens per soort verwarmingsinstallatie (CV-ketel, stadsverwarming en blokverwarming) is gebruik gemaakt van de CBS statistiek [Woningen: hoofdverwarmingsinstallaties, regio \(cbs.nl\)](#). Vervolgens is voor CV-ketels een nadere onderverdeling gemaakt met behulp van marktpenetratie percentages uit Home en WoOn met interpolatie en extrapolatie voor ontbrekende jaren.

### Elektriciteit – ruimteteoeling

Het elektriciteitsverbruik voor airconditioning wordt berekend voor vaste en losse airco's. Daarbij wordt de volgende formule gebruikt:

*Totaal verbruik per type airco (kWh/jaar) = Gemiddeld elektriciteitsverbruik type airco per huishouden per jaar \* aantal huishoudens per type airco.*

**Tabel 3.9:** Formule parameters airco's

Parameter	Toelichting parameter	Waarde in 2022	Bronnen
$\hat{y}$	gemiddelde verbruik per airco (kWh/jaar)	vaste airco: 292,8 losse airco: 85,6	vaste airco: één vaste aanname geschat door Van Holsteijn en Kemna losse airco: één vaste aanname geschat door Van Holsteijn en Kemna
-	aantal woningen met vaste airco	1.045.966	CBS aantallen, aantal lucht-lucht warmtepompen
-	aantal woningen met losse airco	1.045.966	Eerder dan 2019: Home en WoOn onderzoek Vanaf 2019: gebaseerd op verhouding vast:los uit TNO vragenlijsten

Voor vaste airco's zijn de aantallen gehanteerd voor lucht-lucht warmtepompen uit de CBS statistiek (CBS, 2023b) Het uitgangspunt is dat dit vaste airco's zijn.

Via aannames gebaseerd op TNO vragenlijsten in een [TNO studie naar de koelvraag bij huishoudens](#) is afgeleid hoe de verdeling vaste versus losse airco's er uitziet in de jaren 2019 t/m 2022. Ter illustratie: voor 2022 is de verdeling vaste: losse airco's 50:50. Via deze verdeling en het aantal vaste airco's is berekend om hoeveel losse airco's het gaat. Voor jaren eerder dan 2019 zijn aantallen losse airco's uit het Home onderzoek gebruikt (1995

t/m 2012) en voor zichtjaar 2018 uit het WoOn onderzoek. Tussenliggende jaren zijn geïnterpoleerd.

Voor het elektriciteitsverbruik van airco's is één vaste aanname gedaan over het gemiddeld jaarverbruik. Voor vaste airco's is uitgegaan van 292,8 kWh/jaar en voor losse units van 85,6 kWh/jaar. Beide verbruiken zijn geschat door Van Holsteijn en Kemna, op basis van het gebruik van losse units beperkt blijft tot de op zeer warme dagen en vaste airco's vaker gebruikt worden (Tigchelaar, 2013).

*Opmerking:* Onduidelijk is wat de achterliggende aannames zijn voor het koelvermogen (W) en gebruiksuren per jaar op basis van de schatting Van Holsteijn en Kemna. Wel vallen de gehanteerde waarden binnen de [literatuurrange van TNO onderzoek naar energie voor ruimteteoeling](#).

*Aanbeveling:* Het energieverbruik van airco's neemt mogelijk (sterk) toe in de toekomst. Aan de ene kant omdat het gebruik mogelijk toeneemt, vanwege warmere zomers en een toenemende behoefte aan comfortkoeling. Aan de andere kant kunnen de apparaten zuiniger worden door Europese Ecodesign normen. Het is daarom aan te bevelen om het gebruik van airconditioners in de toekomst beter te monitoren. Daarvoor kan marktonderzoek worden gedaan naar het bezit en gebruik van airco's. De berekeningsmethode voor het energieverbruik van vaste airco's kan gebaseerd worden op de (voorlopige) [berekeningsmethode](#) die is ontwikkeld door TNO in 2023.

### Elektriciteit – verlichting

Hierbij wordt de volgende formule gebruikt:

$$\text{Totaal verbruik verlichting} = \text{Gemiddeld elektriciteitsverbruik verlichting per huishouden per jaar} \times \text{aantal huishoudens}$$

**Tabel 3.10:** Formule parameters verlichting

Parameter	Toelichting parameter	Waarde in 2022	Bronnen
$\hat{y}$	gemiddelde verbruik verlichting per huishouden (kWh/jaar)	Zone 1:178 Zone 2: 90 Zone 3: 31 Zone 4: 15 Totaal: 314	berekend

Parameter	Toelichting parameter	Waarde in 2022	Bronnen
	aantal lampen in een huishouden per soort lamp per verlichtingszone	Zone 1 Gloeilamp: 1,6 Halogeen: 2,5 Spaar: 3,4 TL: 0,5 LED: 2,5  Zone 2 Gloeilamp: 3,4 Halogeen: 2,8 Spaar: 2,3 TL: 0,2 LED: 0,5  Zone 3 Gloeilamp: 2,2 Halogeen: 1,9 Spaar: 2,5 TL: 1,8 LED: 0,8  Zone 4 Gloeilamp: 0,6 Halogeen: 0,4 Spaar: 1,1 TL: 0,1 LED: 0,4	HOME, WoON 2018, EVA
	vermogen per type lamp (W)	Gloeilamp: 43 Halogeen: 23 Spaar: 12 TL: 36 LED: 5	EVA (constant over de jaren)
	branduren van elk soort lamp per verlichtingszone (uur/jaar).	Zone 1 : 890 Zone 2: 360 Zone 3: 130 Zone 4: 280	EVA (constant over de jaren)
-	aantal huishoudens	8.138.591	CBS aantal particuliere huishoudens

Het elektriciteitsverbruik wordt berekend voor een gemiddeld huishouden. Het gemiddelde elektriciteitsverbruik per huishouden ( $\hat{y}$ ) wordt berekend voor vier verlichtingszones in de woning:

- zone 1 Woonkamer en keuken
- zone 2 Hoofdslaapkamer, badkamer en overloop/hal
- zone 3 Overige binnenruimten
- zone 4 Tuin en buitenruimte.

Er is een aanname gedaan voor het aantal lampen in een huishouden per soort lamp per verlichtingszone. Verder is een aanname gedaan over het vermogen per type lamp (W). Daarnaast is er een aanname over de branduren van elk soort lamp per verlichtingszone (uur/jaar). Deze aannames zijn afkomstig uit het EVA model (Elektriciteitsverbruik Van Apparaten) van PBL.

EVA is eind jaren '00 ontwikkeld door ECN en gekoppeld aan het SAWEC model. In EVA is de volgende informatie gebruikt:

- Omvang van de bestaande woningvoorraad en de ontwikkeling van de voorraad in de toekomst (aantal). Bron: CBS
- Penetratiegraad per apparaat Bron: VHK (2008), Home (2015), VLEHAN (2018)
- 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: ecee (2018), Europese Commissie (2018).

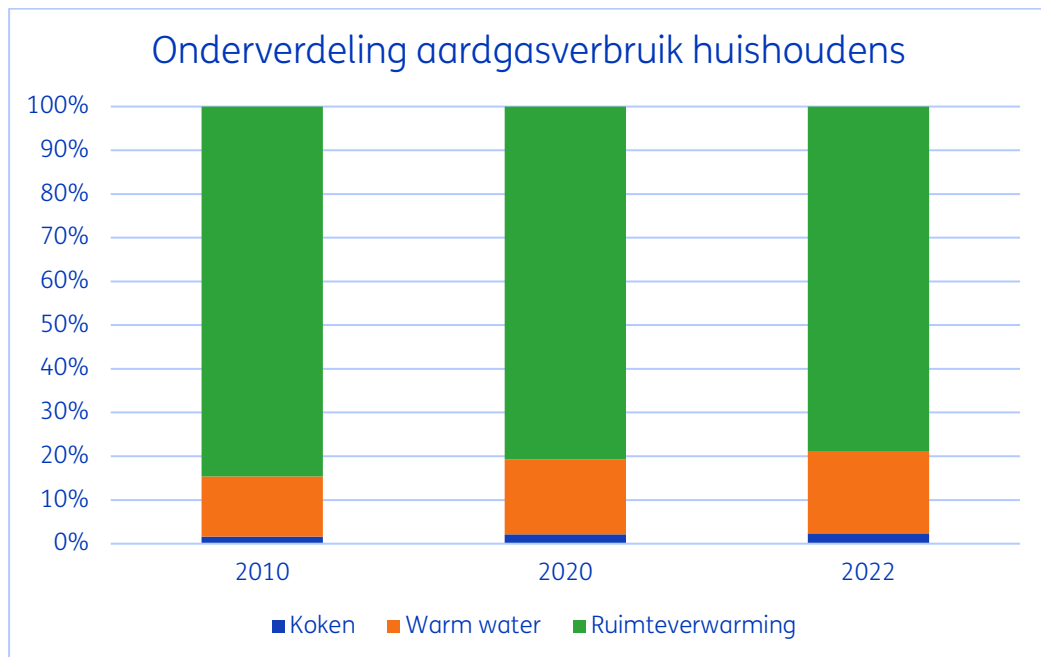
Bij verlichting onderscheidt het model vijf lamptypen (gloei-, tl-, halogeen-, spaar- en ledlamp) alsof het aparte apparaten zijn. Hierdoor kan de ingroei van energiezuinige lampen zoals spaar- en ledlampen worden gemodelleerd.

### Elektriciteit - overige apparaten

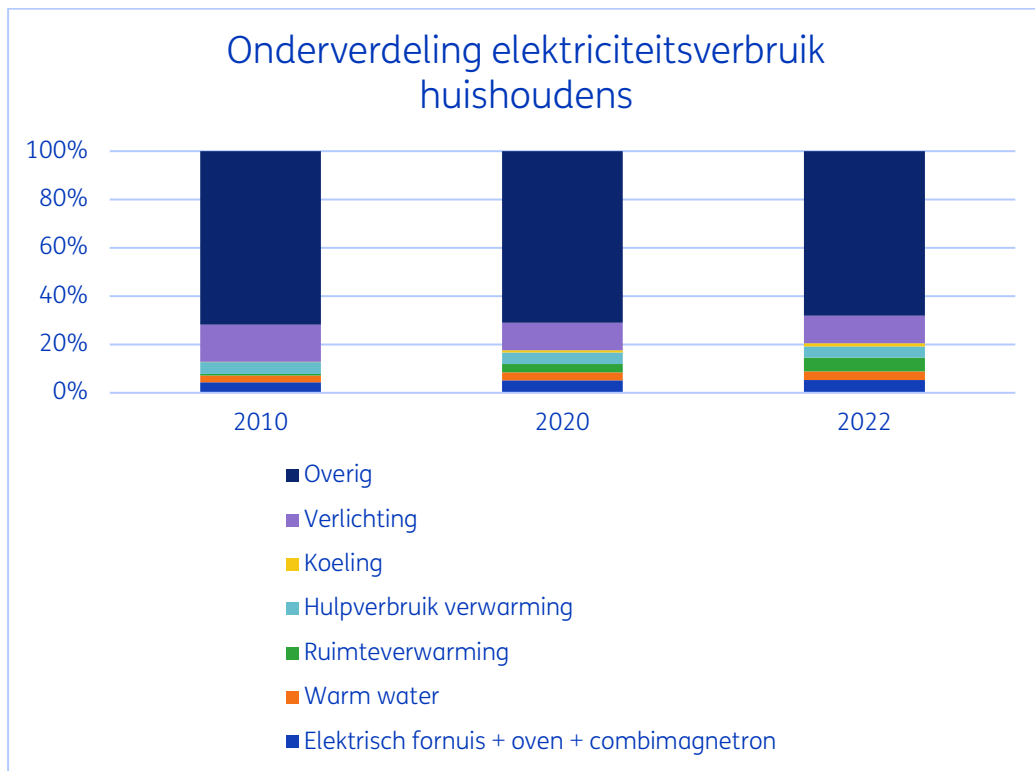
Dit elektriciteitsverbruik is een restpost die overblijft na aftrek van de berekende functies op het totaal elektriciteitsverbruik.

### Resultaat: onderverdeling aardgas en elektriciteitsverbruik huishoudens

De onderverdeling naar energiefunctie voor het aardgas- en elektriciteitsverbruik is weergegeven in Figuren 3.3. en 3.4.



Figuur 3.3: Procentuele onderverdeling finaal aardgasverbruik per functie huishoudens



Figuur 3.4: Procentuele onderverdeling finaal elektriciteitsverbruik per functie huishoudens

### 3.3.2 Onderverdeling naar energiefuncties bij diensten

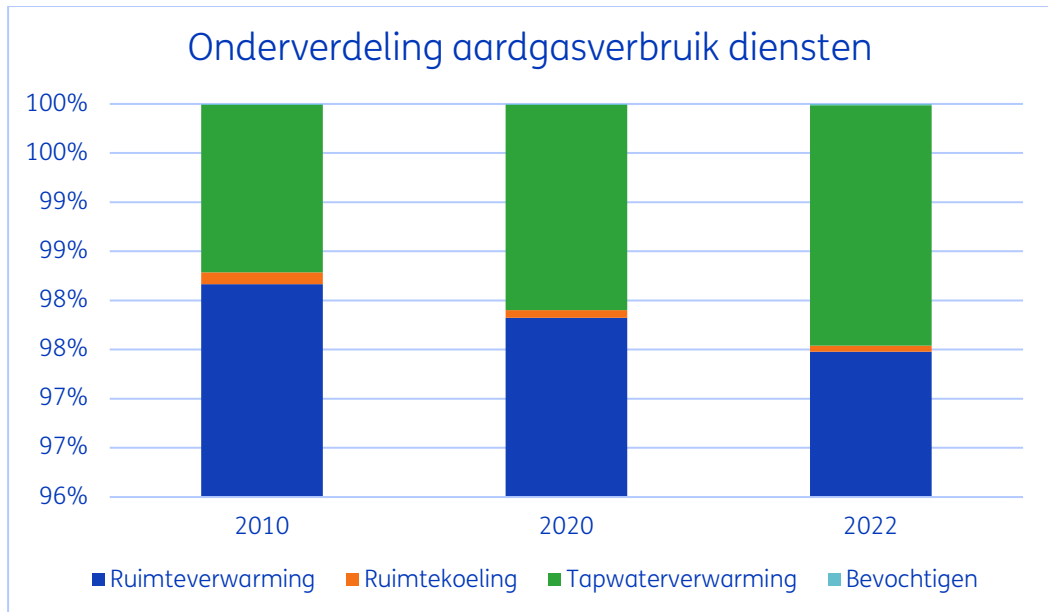
De procentuele onderverdeling naar energiefuncties uit het SAVE-Services model wordt toegepast op het finaal verbruik in de dienstensector. De energiefuncties per gebouwtype van Meijer (2009) zijn gebruikt als input voor het SAVE-S model. Figuren 3.5. en 3.6 laten deze onderverdeling zien.

Omdat het SAVE-S model onderscheid maakt in meer specifieke energiefuncties zijn sommige van deze functies samengenomen om te komen de resultaten zoals getoond in de *Monitor Verduurzaming Gebouwde Omgeving*. Onderstaande tabel geef aan welke energiefuncties daarbij onderscheiden zijn.

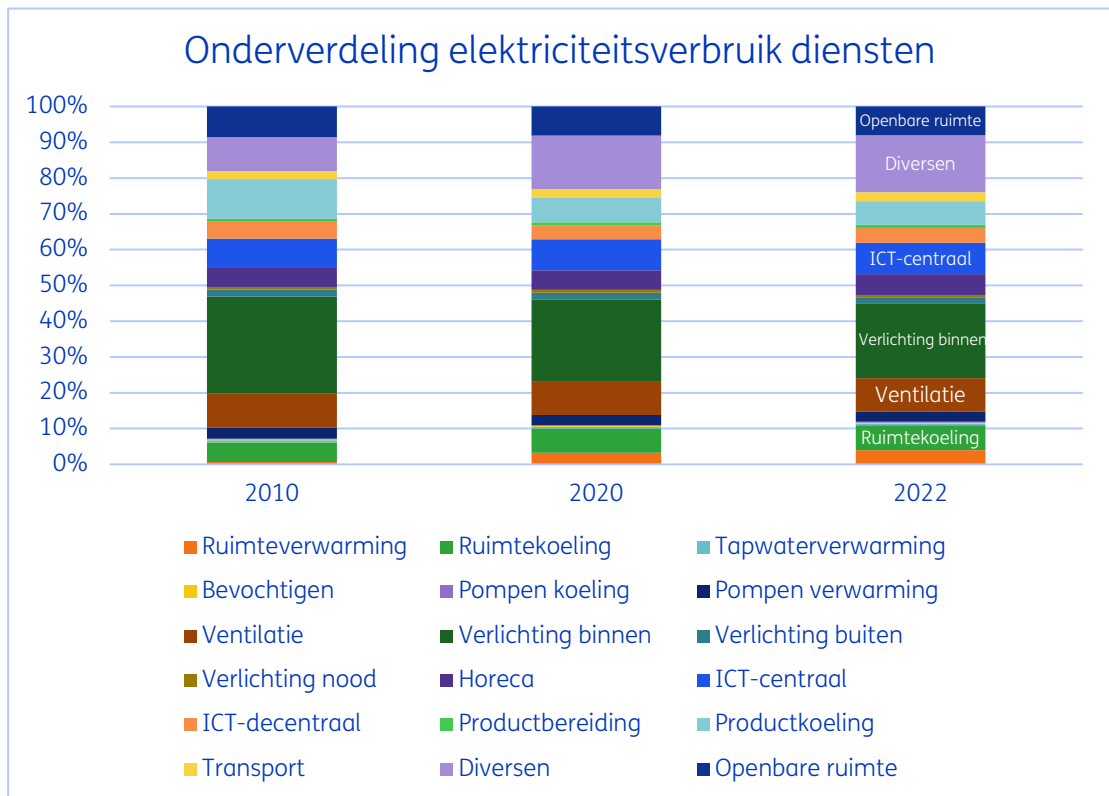
Tabel 3.11: Onderscheid energiefuncties diensten

Energiefunctie diensten	Methode bepaling energieverbruik per zichtjaar
Ruimteverwarming	SAVE-S
Ruimtekoeling en ventilatie	SAVE-S
Tapwaterverwarming	SAVE-S
Productbereiding en -koeling, horeca	SAVE-S
Diversen*	SAVE-S
Verlichting	SAVE-S
ICT centraal en decentraal	SAVE-S
Transport	SAVE-S
Openbare ruimte	SAVE-S

\*inclusief bevochtiging en pompen voor verwarming en koeling



**Figuur 3.5:** Procentuele onderverdeling finaal aardgasverbruik per functie diensten (let op schaal van de y-as!)



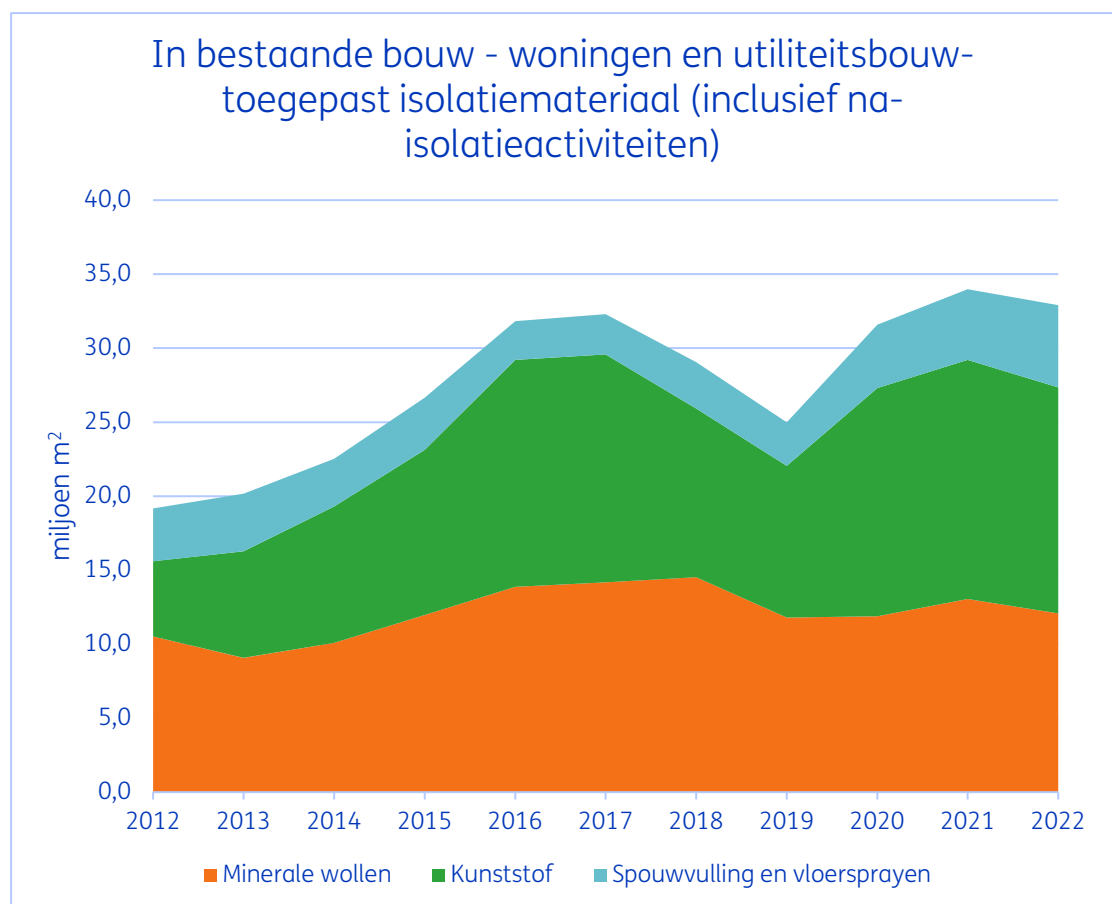
**Figuur 3.6:** Procentuele onderverdeling finaal elektriciteitsverbruik per functie diensten

# 4 Energiebesparing en CO<sub>2</sub>-reductie

Eerst worden de verkoopcijfers voor de bestaande bouw weergegeven. Vervolgens de aantallen installaties en de vierkante meters isolatie, uitgesplitst naar type maatregel en marktsegmenten (zoals berekend). Daarna wordt de berekende energiebesparing en CO<sub>2</sub>-reductie weergegeven. Vervolgens wordt de methode voor de energiebesparing en CO<sub>2</sub>-reductie verder toegelicht.

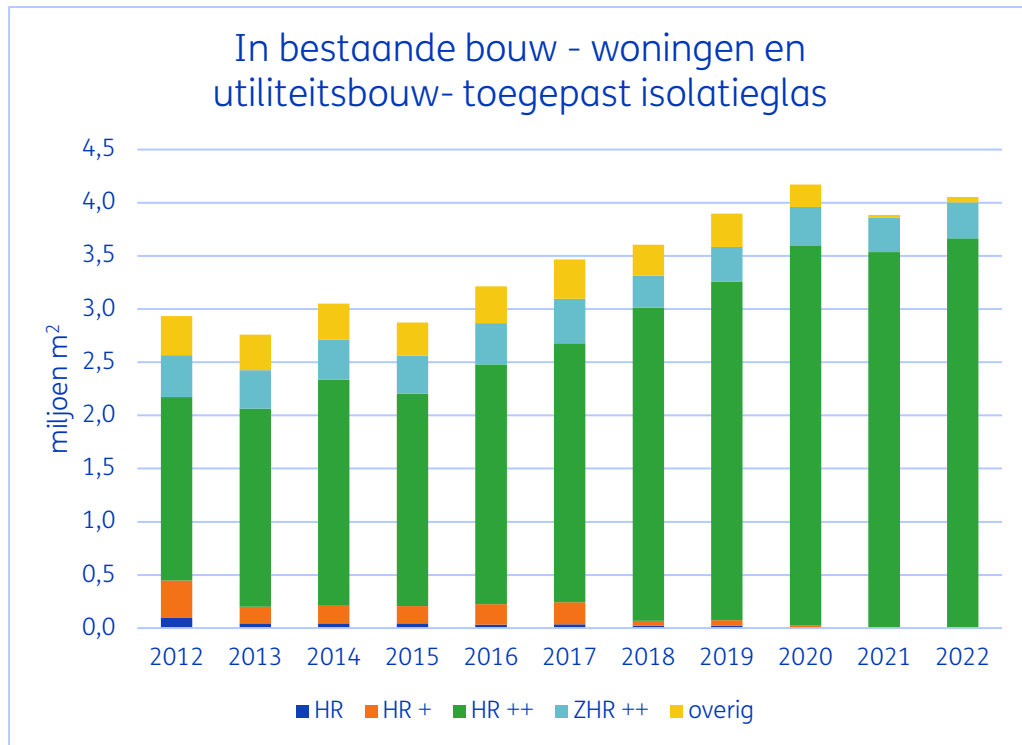
## 4.1 Verkoopcijfers bestaande bouw

Figuur 4.1 toont de afzet in de bestaande bouw (woningen en utiliteitsbouw) van isolatiemateriaal (inclusief na-isolatieactiviteiten). Deze figuur is exclusief isolatieglas.



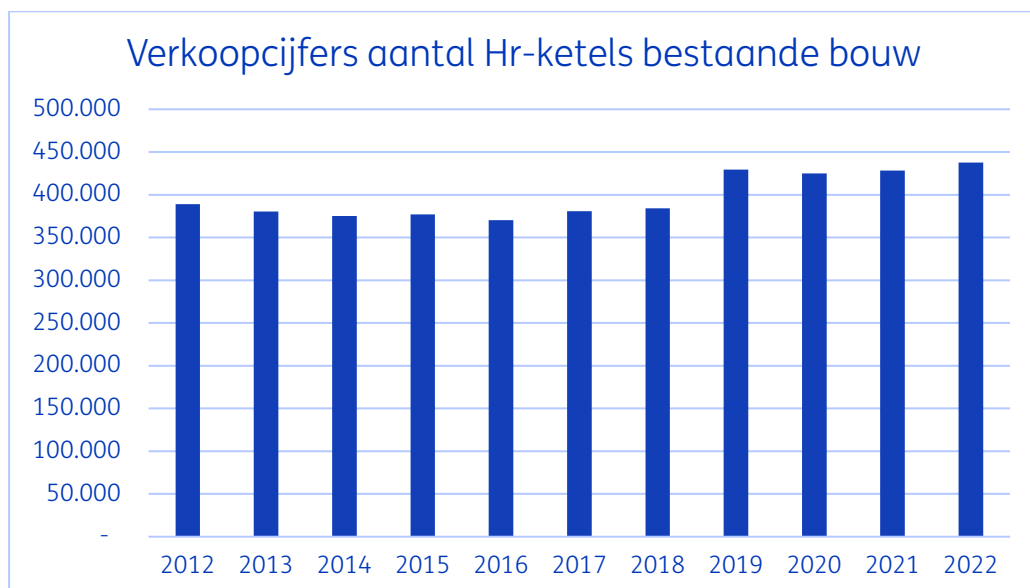
**Figuur 4.1:** In bestaande bouw - woningen en utiliteitsbouw- toegepast isolatiemateriaal in mln. m<sup>2</sup> (inclusief na-isolatieactiviteiten)

Figuur 4.2 toont de afzet in de bestaande bouw (woningen en utiliteitsbouw) van toegepast isolatieglas in mln. m<sup>2</sup>.



Figuur 4.2: In bestaande bouw - woningen en utiliteitsbouw- toegepast isolatieglas x mln. m<sup>2</sup>

Figuur 4.3 toont de afzet in de bestaande bouw (woningen en utiliteitsbouw) van Hr-ketels.



Figuur 4.3: In bestaande bouw - woningen en utiliteitsbouw- verkochte Hr-ketels

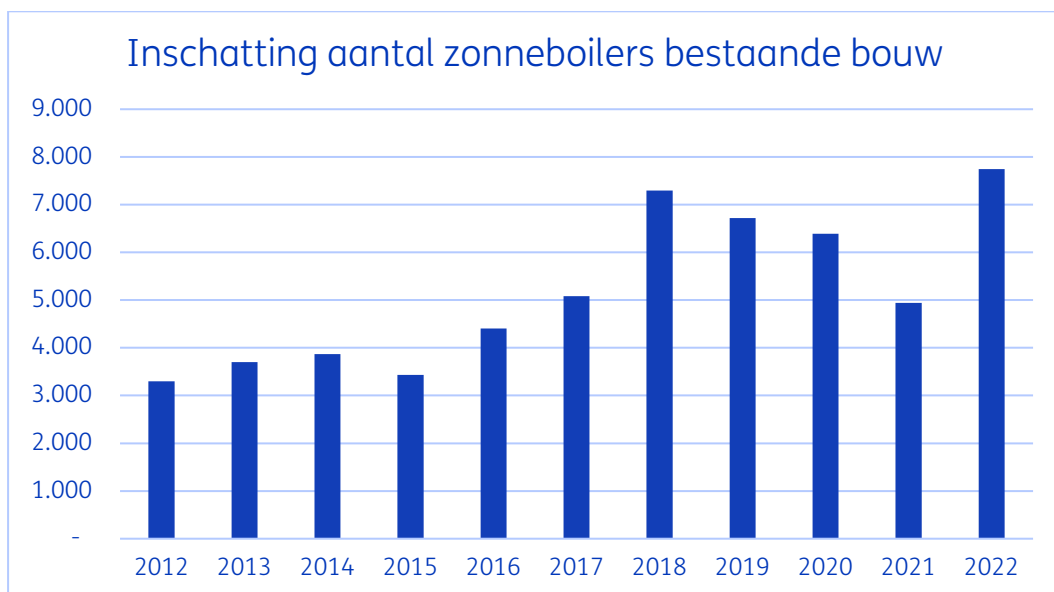


Figuur 4.4 toont de ingeschatte afzet in de bestaande bouw (woningen en utiliteitsbouw) van warmtepompen.



**Figuur 4.4:** Inschatting in bestaande bouw - woningen en utiliteitsbouw- bijgeplaatste warmtepompen.

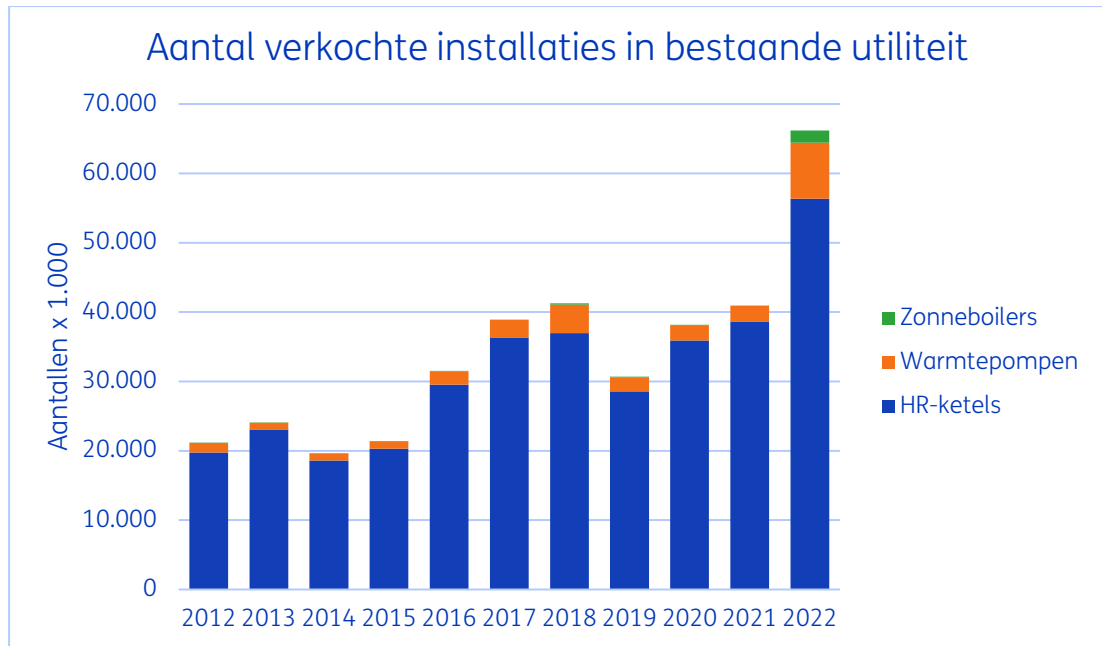
Figuur 4.5 toont de ingeschatte afzet in de bestaande bouw (woningen en utiliteitsbouw) van het aantal afgedekte zonnecollectoren (zonneboilers) met een collectoroppervlak van <math><6\text{ m}^2</math>.



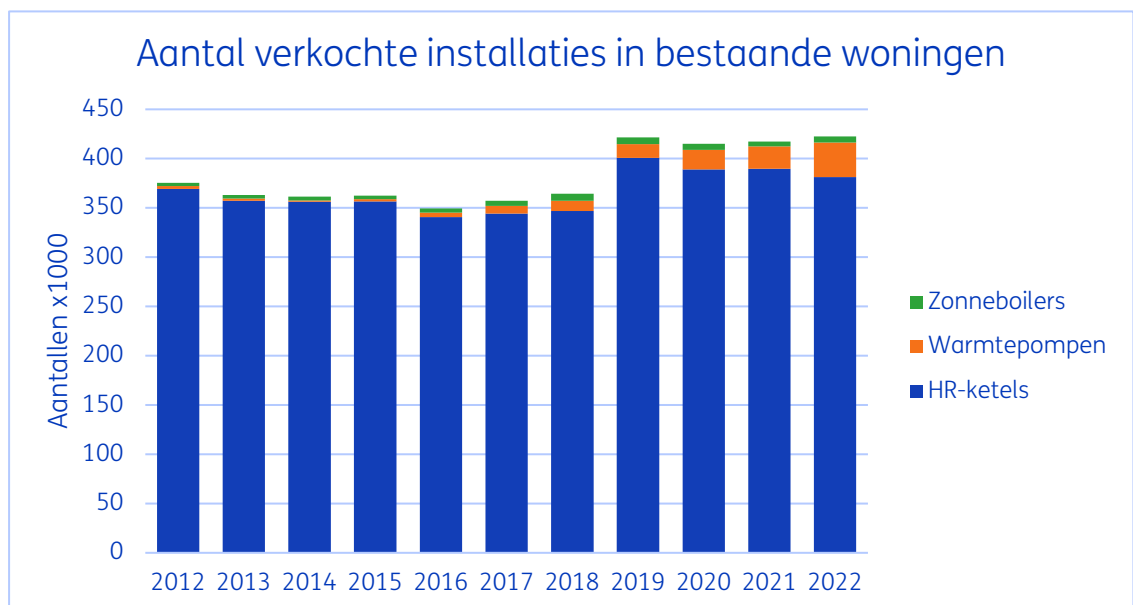
**Figuur 4.5:** Inschatting aantal in bestaande bouw - woningen en utiliteitsbouw - bijgeplaatste afgedekte zonnecollectoren met een collectoroppervlak van <math><6\text{ m}^2</math>

## 4.2 Resultaat installaties en isolatie per marktsegment

Het aantal verkochte (bijgeplaatste) installatiemaatregelen naar installatietype in de utiliteitsbouw is weergegeven in Figuur 4.6 en voor woningbouw in Figuur 4.7.

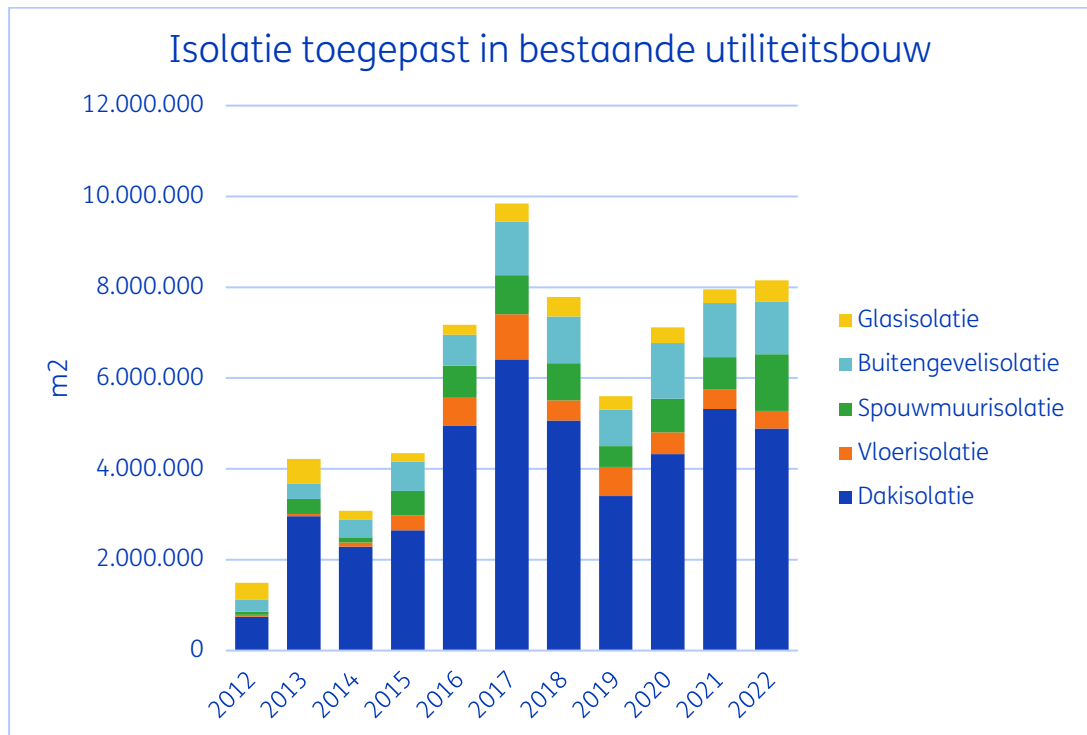


**Figuur 4.6:** Aantal verkochte/bijgeplaatste installaties in bestaande utiliteitsbouw. Warmtepompen exclusief lucht-lucht warmtepompen.



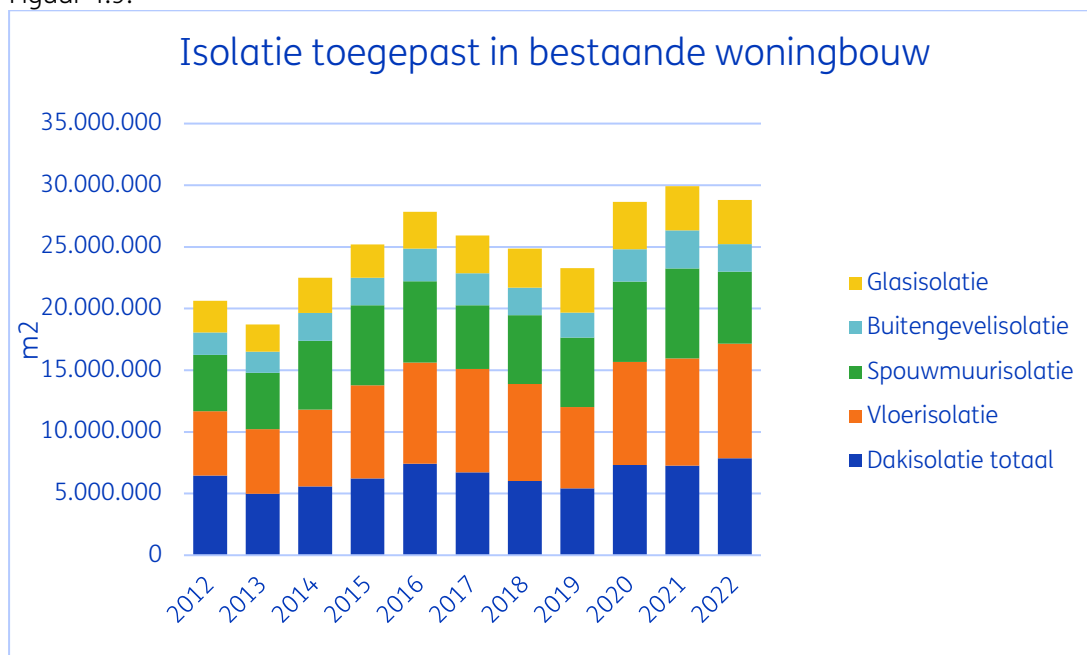
**Figuur 4.7:** Aantal verkochte/bijgeplaatste installaties in bestaande woningbouw. Warmtepompen exclusief lucht-lucht warmtepompen.

Het aantal vierkante meters naar isolatiemaatregel voor utiliteit is weergegeven in Figuur 4.8.



**Figuur 4.8:** Vierkante meters isolatiemaatregelen naar maatregel in de utiliteitsbouw

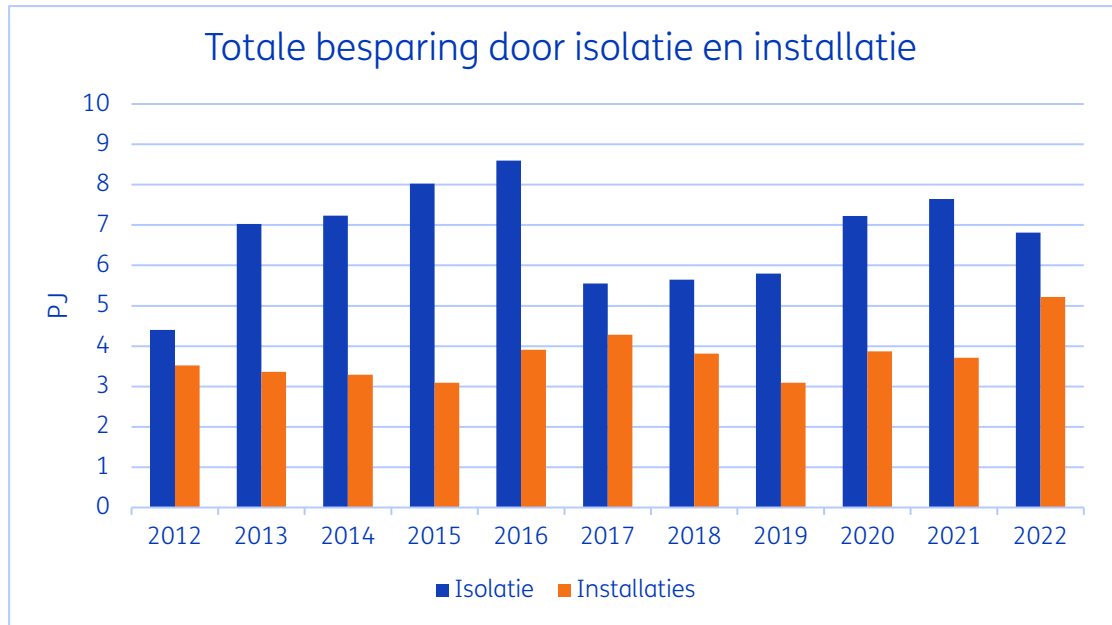
Het aantal vierkante meters isolatiemaatregelen voor de woningbouw is weergegeven in Figuur 4.9.



**Figuur 4.9:** Vierkante meter isolatiemaatregelen naar maatregel in de woningbouw

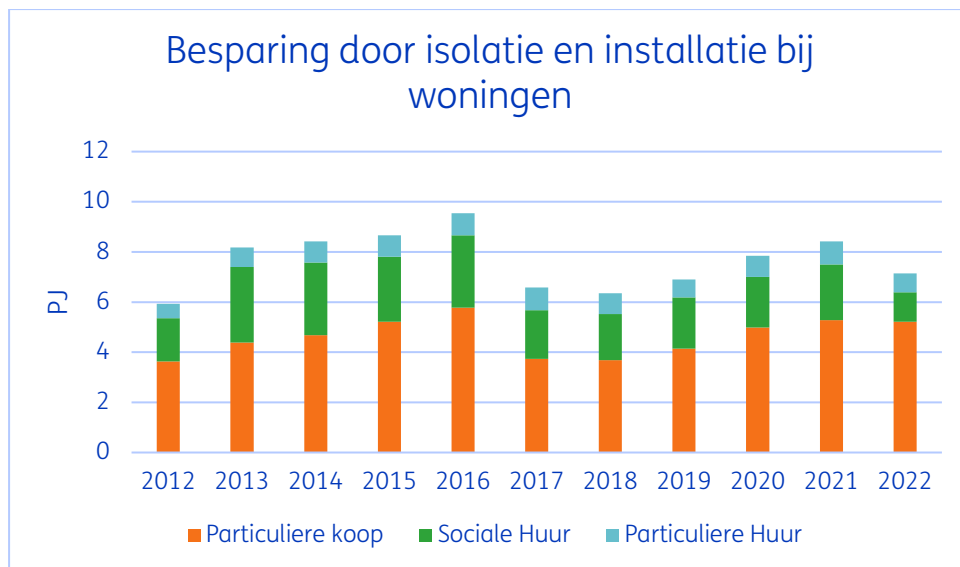
## 4.3 Resultaat energiebesparing per marktsegment

De jaarlijkse energiebesparing is uitgesplitst naar isolatie en installatie, zie Figuur 4.10.

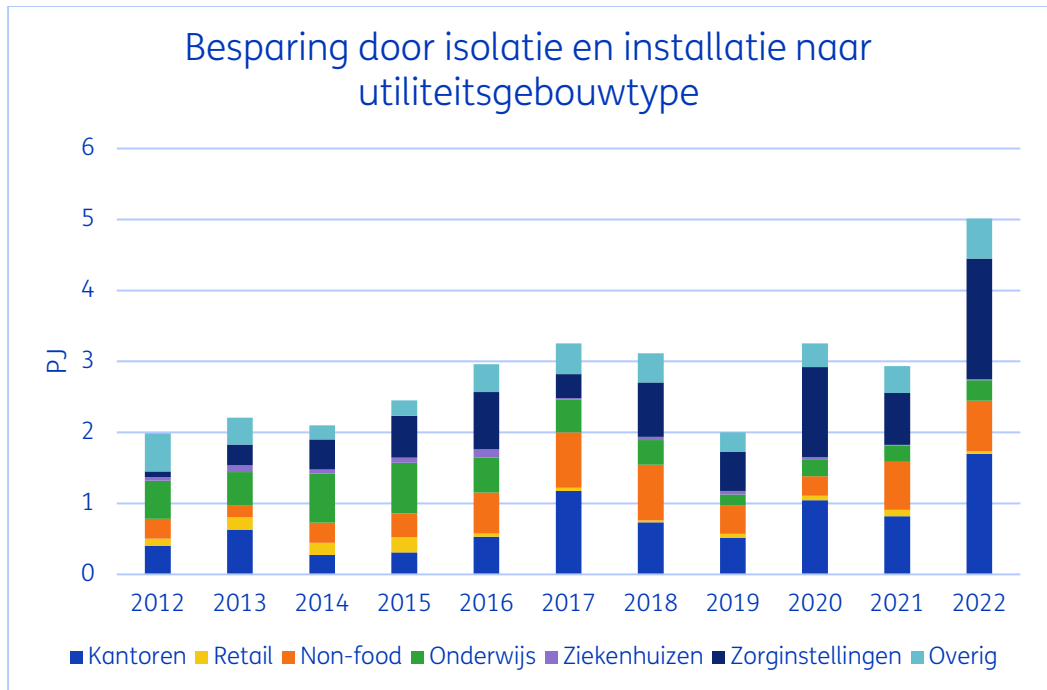


**Figuur 4.10:** Besparing door isolatie en installaties in de bestaande woningbouw en utiliteitsbouw (exclusief besparing bedrijfshallen)

De besparing is uitgesplitst naar woning eigendomstype in Figuur 4.11 en utiliteitsgebouwtype in Figuur 4.12.

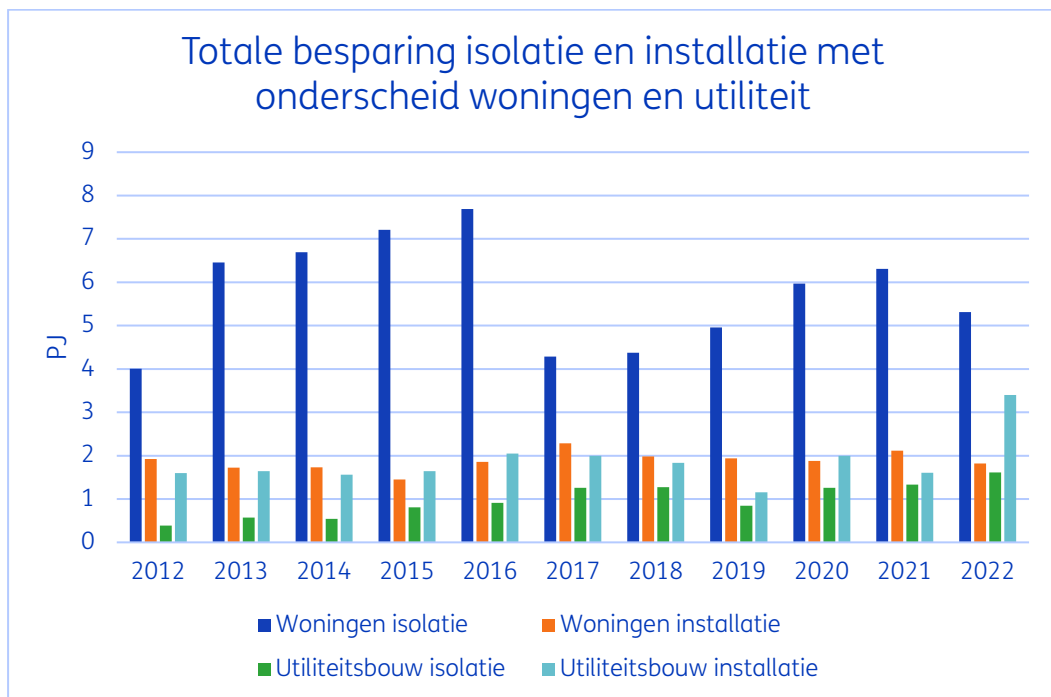


**Figuur 4.11:** Besparing door isolatie en installaties in de bestaande woningbouw



**Figuur 4.12:** Besparing door isolatie en installaties in de bestaande utiliteitsbouw per gebouwtype (exclusief besparing bedrijfshallen)

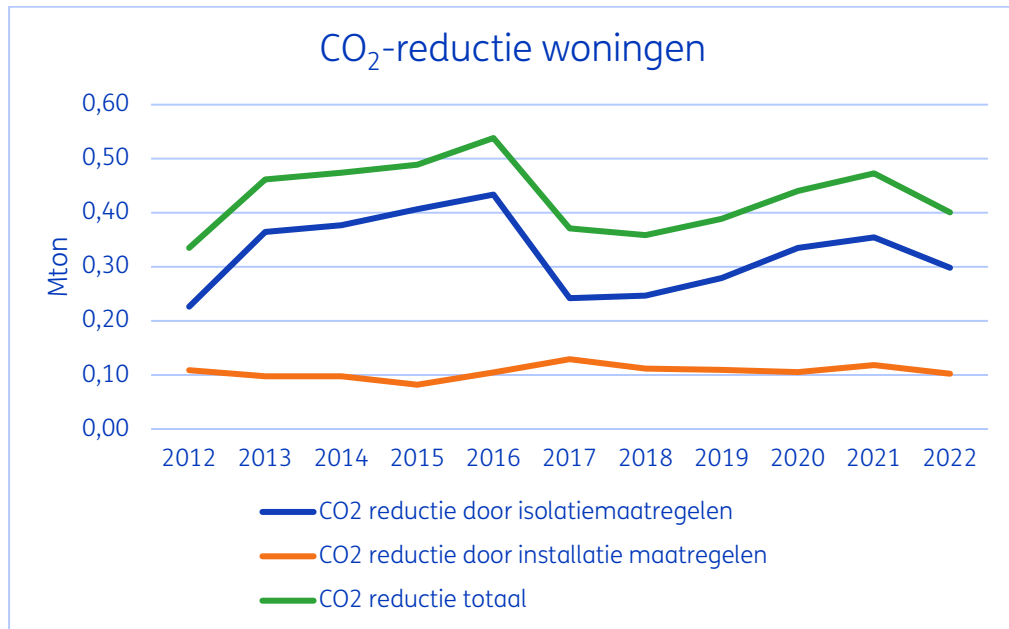
De energiebesparing is als laatste gepresenteerd als de besparing naar type maatregel en gebouwtype voor utiliteitsbouw en woningbouw, zie Figuur 4.13.



**Figuur 4.13:** Besparing door isolatie en installaties in de bestaande woning- en utiliteitsbouw (exclusief besparing bedrijfshallen)

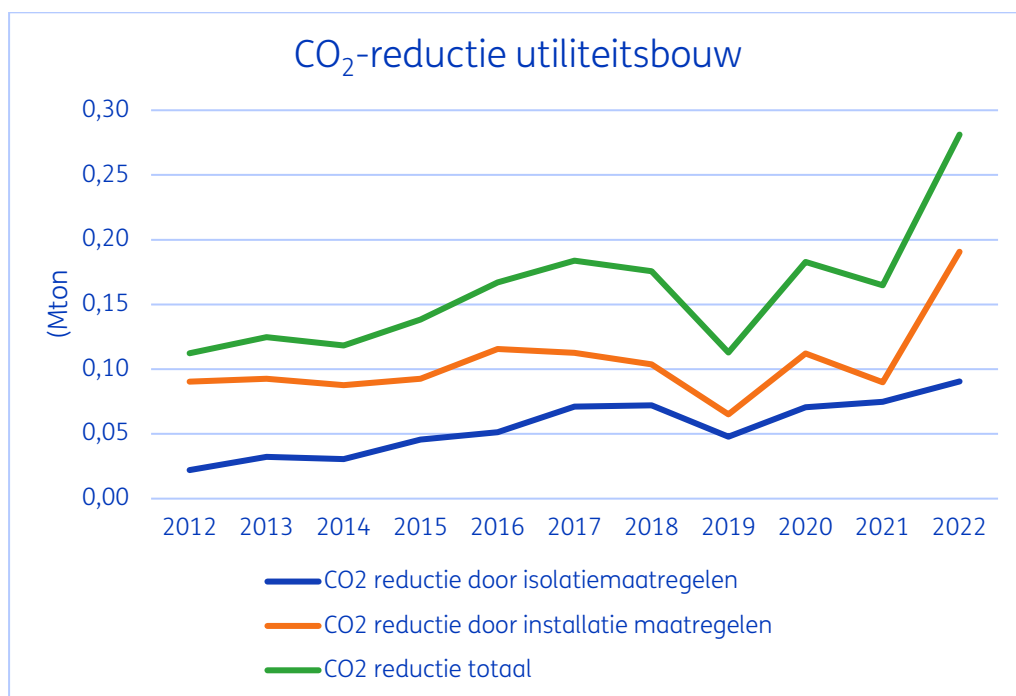
## 4.4 Resultaat CO<sub>2</sub>-reductie

In Figuur 4.14 is de jaarlijkse CO<sub>2</sub>-reductie bij woningen door besparende maatregelen uitgesplitst naar isolatie en installatie.



**Figuur 4.14:** CO<sub>2</sub>-reductie bij woningen uitgesplitst naar isolatie en installatie

In Figuur 4.15 is de jaarlijkse CO<sub>2</sub>-reductie bij utiliteitsbouw door besparende maatregelen uitgesplitst naar isolatie en installatie.



**Figuur 4.15:** CO<sub>2</sub>-reductie in de utiliteitsbouw (exclusief bedrijfshallen) uitgesplitst naar isolatie en installatie

## 4.5 Beschrijving methode energiebesparing

De gerealiseerde energiebesparing en CO<sub>2</sub>-reductie door de jaarlijks getroffen maatregelen worden berekend door TNO. Deze berekeningen zijn gebaseerd op de in dit hoofdstuk beschreven methode. Deze methode is oorspronkelijk ontwikkeld in 2010 door ECN en Buildsight en wordt beschreven in een rapport (ECN en Buildsight, 2010).

### Verdeling verkoopcijfers naar marktsegment

De bepaling van energiebesparing in de gebouwde omgeving start met de verzameling van de verkoopcijfers voor isolatiematerialen en HR-ketels in de gebouwde omgeving in Nederland<sup>3</sup> en bepaling van de toepassing daarvan in de bestaande bouw door Buildsight. Buildsight maakt een inschatting van de toepassing van producten in de bestaande bouw door de verzamelde verkoopinformatie te combineren met de gegevens over het verbruik ten behoeve van de nieuwbouw in Nederland (Buildsight, 2023). Voor de maatregelen warmtepompen en zonneboilers worden de bijgeplaatste aantallen installaties in de bestaande bouw door TNO afgeleid vanuit de data van het CBS; de wijze waarop dit gedaan is wordt nader toegelicht in paragraaf 4.5.3. Vervolgens worden de verkoopcijfers voor de bestaande gebouwde omgeving verder onderverdeeld over de woning- en utiliteitsbouwsegmenten. Deze onderverdeling wordt gebaseerd op de resultaten van de marktonderzoeken<sup>4</sup> onder woningen en utiliteitsbouw in combinatie met gegevens over de gemiddelde volumes<sup>5</sup> per maatregel uit het verwerkersonderzoek. Daarbij wordt het aantal getroffen maatregelen in het marktsegment in combinatie met het gemiddeld volume per maatregel in het betreffende marktsegment gebruikt als een verdeelsleutel om de verkoopcijfers onder te verdelen over de marktsegmenten (zie schematische impressie in Figuur 4.16).

### Berekening energiebesparing met verkoopcijfers per marktsegment

De verkoopcijfers per marktsegment worden vervolgens gecombineerd met aannames over de verdeling van het soort vervangingen dat heeft opgetreden per maatregel welke afkomstig zijn uit de resultaten van de marktonderzoeken (zie Figuur 4.17). Dit houdt in dat een aanname wordt gemaakt over de verdeling van uitgangssituaties per getroffen maatregel. In hoeveel procent van de gevallen ging het om een ongeïsoleerd of geïsoleerd dak of gevel in de uitgangssituatie? Zat er enkel of dubbelglas dat is vervangen door HR-glas? Met behulp van vervangingspercentages per maatregel is berekend hoeveel van welke uitgangssituatie voorkwamen per getroffen maatregel en per zichtjaar. Vervolgens wordt de energiebesparing per maatregel berekend middels besparingskentallen die afhankelijk zijn van de uitgangssituatie, de verbetering naar de doelsituatie en het betreffende marktsegment.

### Referentie voor energiebesparing woningen

De besparing voor woningen is berekend met het SAWEC model waarin onderscheid is gemaakt naar 60 woningcategorieën (zie toelichting in paragraaf 4.5.3 stap 7b). De besparing wordt berekend uitgaande van de warmtevraag van deze 60 referentiewoningen

<sup>3</sup> Het gaat om de binnenlandse toepassing van materialen en producten. Het gaat ook om alleen om materialen die voor renovaties (energiebesparing) worden toegepast. Het is dus exclusief materiaalgebruik voor geluidsisolatie e.d.

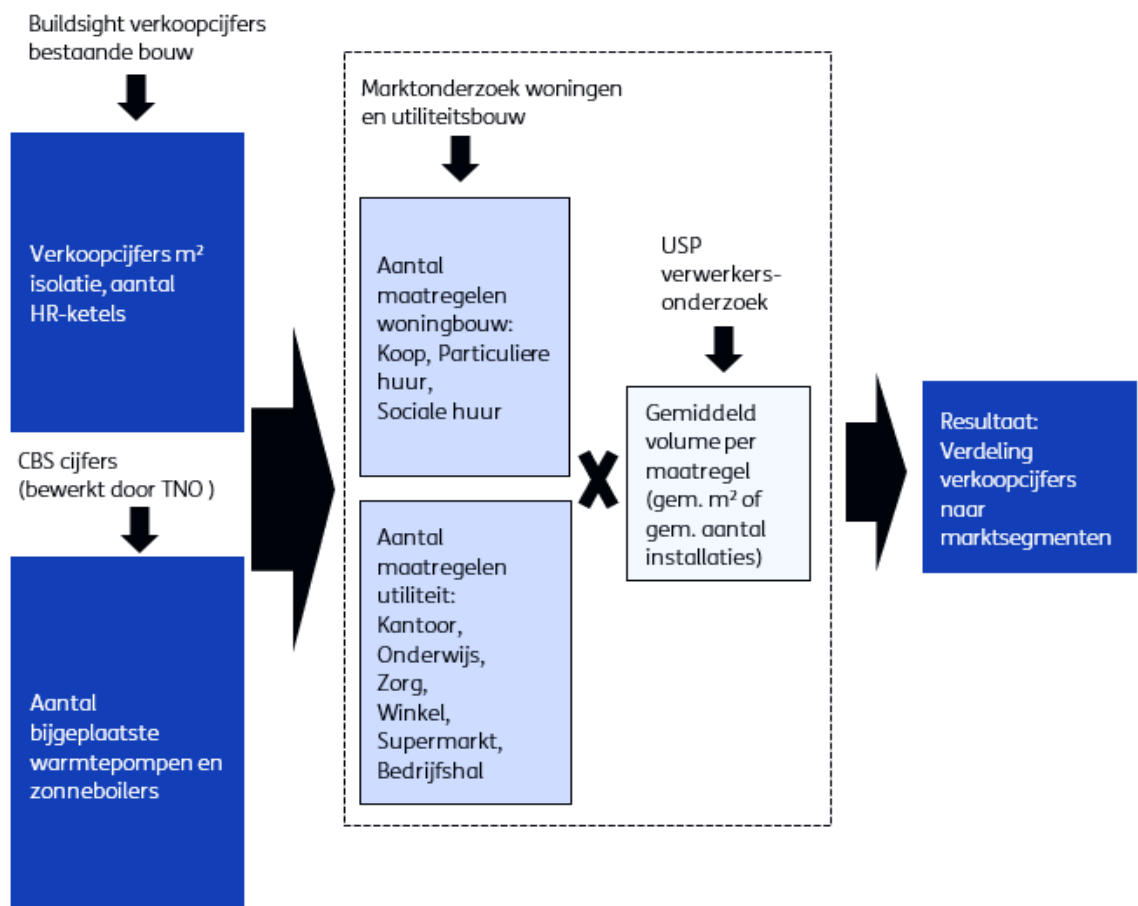
<sup>4</sup> Belangrijk om hierbij te vermelden is dat maar een klein deel van de bouwvoorraad jaarlijks maatregelen neemt. Om die reden zijn de marktonderzoeken die bevragen naar jaarlijks uitgevoerde maatregelen belangrijk als bron en leidend om de verkoopcijfers onder te verdelen over de marktsegmenten.

<sup>5</sup> De maatregelen verdelen over de sectoren op basis van alleen de aantallen maatregelen is niet voldoende precies, omdat niet alle marktsegmenten evenveel materiaal en installaties toepassen per soort maatregel (dit hangt af van het type gebouwen). Daarom wordt rekening gehouden met de gemiddelde hoeveelheden per maatregel uit het verwerkersonderzoek.

per zichtjaar. De verkochte maatregelen per Ausgangssituatie worden onderverdeeld over de 60 categorieën. Met de besparing op de warmtevraag voor de 60 categorieën én de rendementen per soort installatie is de besparing op het finaal energieverbruik per zichtjaar berekend.

### Referentie voor energiebesparing utiliteit

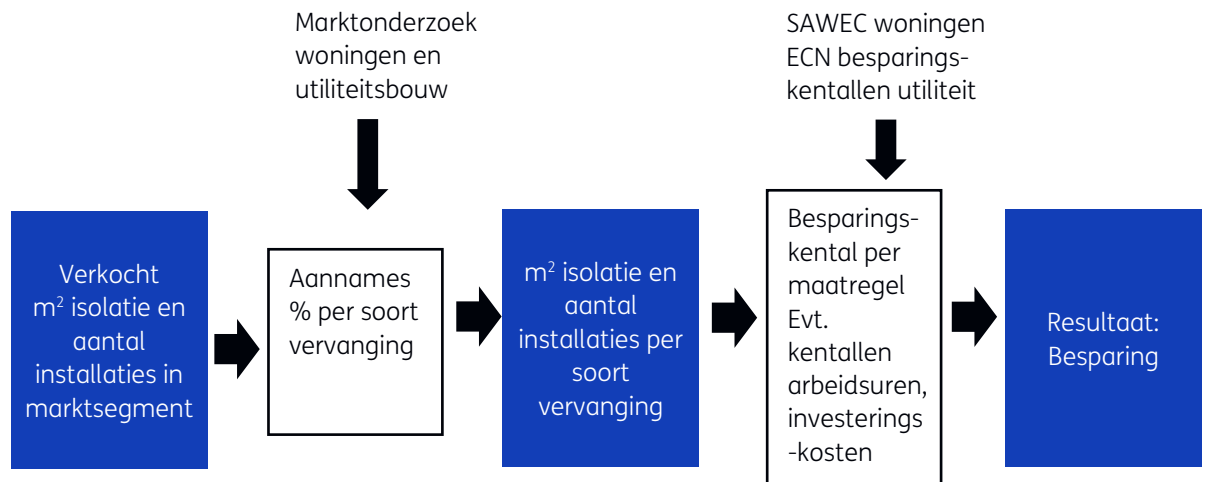
Voor de berekening van de besparing voor utiliteit is steeds uitgegaan van een referentiesituatie waarin het gebouw is verwarmd met een HR-ketel op aardgas. Daarbij zijn aardgas kentallen per gebouwtype en per Ausgangssituatie gebruikt die worden weergegeven in paragraaf 4.5.3. De besparing wordt berekend voor het referentiegebouw als de besparing op aardgas en vervolgens omgerekend naar eenheid energie<sup>6</sup>. De besparing is ook meegenomen voor de gebouwen in de voorraad die niet met aardgas verwarmen. Er is daarbij aangenomen dat de besparing in GJ aardgas gelijk is aan de besparing in GJ.



Figuur 4.16: Methode verdeling maatregelen over de marktsegmenten

<sup>6</sup> Omrekening met behulp van de verbrandingswaarde van aardgas van 31,65 MJ/m<sup>3</sup> (calorische onderwaarde)





**Figuur 4.17:** Algemene methode besparingsberekening (en werkgelegenheid en investeringskosten)

In 4.5.1 worden allereerst worden de bronnen beschreven. Daarna in 4.5.2. de scope van de besparing en als laatste in 4.5.3 de berekeningsstappen.

## 4.5.1 Beschrijving bronnen

Verschillende bronnen worden gebruikt voor het berekenen van de energiebesparing in de gebouwde omgeving. Allereerst wordt door Buildsight sinds 2011 verkoopinformatie bij marktpartijen opgevraagd over isolatie en Hr-ketels. Sinds 2013 (monitoring over 2012) wordt jaarlijks in opdracht van RVO het marktonderzoek onder consumenten (woningen) en het marktonderzoek over renovaties in de utiliteitsbouw uitgevoerd. Momenteel wordt het consumentenonderzoek uitgevoerd door I&O research, daarvoor door IPSOS (en nog eerder door GfK research). Het marktonderzoek utiliteitsbouw werd in dit en eerdere jaren uitgevoerd door Panteia. Deze onderzoeken zijn allen gericht op gebouwgebonden energiebesparende maatregelen in de gebouwde omgeving. Daarnaast is in 2020 een eenmalig onderzoek uitgevoerd door USP onder verwerkers. Verder worden CBS-gegevens gebruikt. De bronnen worden hieronder één voor één besproken.

Ten eerste is er verkoopinformatie beschikbaar over isolatie (materialen) en installaties (producten). Het jaarlijkse onderzoek van **Buildsight** (Buildsight, 2023) betreft een marktuitleg naar de verkoop van isolatiematerialen en HR-ketels. Deze uitvraag wordt gedaan onder leveranciers van isolatiematerialen in Nederland, bouwcertificeringsbureau's, Stichting Vakglas Recycling Nederland en de Nederlandse verduurzamingsindustrie. Er wordt geïnventariseerd per verkochte isolatiemateriaalsoort hoeveel m<sup>2</sup> daarvan verkocht is. De informatie maakt onderscheid in verschillende soorten isolatiematerialen (kunststoffen en isolatiefolies, minerale wollen en organisch materiaal), materialen voor spouwvulling en vloerisolatiematerialen. Welke categorieën dit precies zijn is te vinden in het rapport van Buildsight (Buildsight, 2023). De gegevens geven inzicht in de totale m<sup>2</sup> isolatiematerialen die afgezet wordt in zowel woningen als utiliteitsgebouwen, ofwel de gehele gebouwde omgeving. Het onderzoek inventariseert ook de verkoop van HR-ketels in de gebouwde omgeving. In de analyses worden de verkoopcijfers voor alleen de bestaande bouw gebruikt. De verkoopcijfers voor de nieuwbouw worden niet meegenomen in de analyses met als reden dit geen energiebesparing oplevert. Buildsight maakt een inschatting van de toepassing van producten in de bestaande bouw door de verzamelde verkoopinformatie te combineren met de gegevens over het verbruik ten behoeve van de nieuwbouw in Nederland. De veronderstelling daarbij is dat de hoeveelheid energiebesparende producten

die niet in de nieuwbouw is toegepast (of als afval is verdwenen), is gebruikt in bestaande gebouwen. Er is dus van uitgegaan dat de voorraden bij (tussen-)handelaren in deze energiebesparende producten per saldo niet zijn veranderd (Buildsight, 2023).

Ten tweede het consumentenonderzoek naar maatregelen in de woningbouw, dit jaar uitgevoerd door **I&O Research** (I&O research, 2023). Het onderzoek onder consumenten stelt jaarlijks een overzicht op van de getroffen gebouwgebonden maatregelen in woningen. Het aantal maatregelen in het onderzoek van 2023 is gebaseerd op een representatieve steekproef van n=1.518 bewoners. Daarvan waren er 593 kopers, 402 particuliere huurders en 523 sociale huurders. Ook komen vragen over welke vervanging heeft plaatsgevonden (bijvoorbeeld om wat voor soort dakisolatie ging het of welke installatie verving de nieuwe HR-ketel) aan bod. Daarnaast komen nog meer vragen aan bod.

Ten derde het marktonderzoek naar renovaties in de utiliteitsbouw. Het **Panteia** onderzoek (Panteia, 2023) bevroegt een panel van utiliteitsgebouwen (die in huur of eigendom zijn) jaarlijks over welke maatregelen voorgaand jaar genomen zijn, de status quo van de implementatie van maatregelen en het soort vervanging dat heeft plaatsgevonden. Daarnaast komen nog meer vragen aan bod. De steekproef van dit onderzoek bestaat uit ruim 2000 gebouwen in 2023, in Tabel 4.1 is de opsplitsing van het onderzoekspanel naar gebruiksfuncties weergegeven.

**Tabel 4.1:** Opsplitsing steekproef Panteia in 2023 (monitoring over 2022) naar aantal gebouwen per gebruiksfunctie

Gebruiksfunctie	Steekproef (N)
Zorginstellingen	392
Kantoren	389
Onderwijsinstellingen	390
Winkels	392
Bedrijfshallen	508
Totaal	2.071

Ten vierde heeft **USP** in 2020 een marktonderzoek onder verwerkers uitgevoerd. Verwerkers zijn aannemers, glaszetters, dakdekkers, isolatiebedrijven die na-isolatie uitvoeren en CV-ketels en warmtepompen installeren. Doel was het uitvragen van de omvang van de energetische verduurzamingsprojecten die in 2019 zijn uitgevoerd door verschillende typen verwerkers en bij verschillende typen gebouwen in Nederland (zie Tabel 4.2). De reden om hiervoor een apart onderzoek te doen is dat dit beter kan worden uitgevraagd aan de uitvoerende partijen zelf dan aan consumenten en gebouweigenaren (of huurders) die de omvang van de maatregelen vaak niet weten. Dit onderzoek staat ook wel bekend als het “Verwerkersonderzoek energiebesparende materialen”. Het betreft een update van het oude verwerkersonderzoek dat RVO in 2011 heeft laten uitvoeren. Voor het onderzoek in 2020 zijn 2.624 interviews afgenomen (voor het zgn. censusonderzoek) en 1.953 interviews afgenomen waarbij ten minste één project is doorgemeten. In totaal zijn er 3.838 projectmetingen verricht. De projectmetingen zijn onderverdeeld naar segment en type project zoals weergegeven in Tabel 4.3.

**Tabel 4.2:** Dataverzameling onderzoek USP

Census onderzoek en projectmetingen (telefonisch) met:	In de productgroepen:	In de Segmenten:
1. Aannemers B&U 2. Glaszetters 3. Dakdekkers 4. Isolatie bedrijven 5. CV-installateurs 6. Aircospecialisten (i.h.k.v. warmtepompen)	1. Isolatie 2. Glas 3. Verwarmingssystemen	1. Huurwoningen (sociaal en privaat) 2. Koopwoningen 3. Kantoren 4. Ziekenhuizen 5. Zorggebouwen 6. Onderwijsgebouwen 7. Retail / winkelvastgoed 8. Bedrijfshallen 9. Overig (musea, sport, etc.)

**Tabel 4.3:** Verdeling projecttypen naar segment in het USP onderzoek

	Totaal	Isolatie	Glas	Verwarming
Sociale huurwoningen	245	76	70	99
Commerciële huurwoningen	305	92	89	124
Koopwoningen	1.517	452	530	535
Kantoren	419	106	112	201
Ziekenhuizen	134	43	54	37
Zorginstellingen	306	77	94	135
Onderwijsinstellingen	330	83	100	147
Retailpanden	357	94	104	159
Bedrijfshallen	225	121	59	45
Totaal projectmetingen	3.838	1.144	1.212	1.482

Daarnaast is gebruik gemaakt van CBS gegevens over de woningvoorraad (zoals geïntegreerd in het SAWEC model), de utiliteitsgebouwoorraad uit het SAVE-S model die afkomstig is uit de CBS gebouwenmatrix (CBS, 2020, CBS, 2023) en CBS data over warmtepompen (CBS, 2023b) en zonnecollectoren (CBS, 2016; CBS, 2019; CBS 2023c).

Tabel 4.4 geeft overzicht van de gebruikte bronnen voor berekening van de verdeling naar marktsegmenten en het aantal maatregelen dat gebruikt wordt voor de berekening van de energiebesparing in de gebouwde omgeving.

**Tabel 4.4:** Overzicht bronnen voor berekening van verdeling naar marktsegment en aantal maatregelen voor berekening totale energiebesparing in de gebouwde omgeving

	CBS statistiek Gebouwvoorraad	CBS statistiek Installaties	Panteia	Consumenten onderzoek	Buildsight	EIB	USP
Gebouwvoorraad Woningbouw							
Gebouwvoorraad Utiliteitsbouw	bewerking PBL voor SAVE-S					Jaren eerder dan 2016	
Aantal warmtepompen		Totaal bijgeplaatst bestaande bouw afgeleid van CBS	verdeling naar gebruiksfunctie	verdeling naar eigendomstype			
Aantal zonnecollectoren		Totaal bijgeplaatst bestaande bouw afgeleid van CBS	verdeling naar gebruiksfunctie	verdeling naar eigendomstype			
Aantal HR ketels			verdeling naar gebruiksfunctie	verdeling naar eigendomstype	Totaal verkocht		
Aantal m <sup>2</sup> isolatie en HR-glas			verdeling naar gebruiksfunctie	verdeling naar eigendomstype	Totaal verkocht		

#### Uitvoering en verwerking gegevens onderzoeken

Het marktonderzoek onder de utiliteitsbouw wordt uitgevoerd door een marktonderzoeksbureau (afgelopen jaren Panteia) en de verwerking van de ruwe data en ophoging naar de populatie wordt gedaan door TNO om zodoende te komen tot het totaal aantal maatregelen in de bestaande utiliteitsbouw in Nederland. Voor woningen wordt het consumentenonderzoek uitgevoerd door een marktonderzoeksbureau en wordt de extrapolatie naar de gehele woningpopulatie door dit het bureau zelf uitgevoerd om zodoende te komen tot het aantal maatregelen in Nederland. Ten derde worden gegevens uit het verwerkersonderzoek gebruikt, de ruwe data uit dit onderzoek zijn door TNO verwerkt om zodoende te komen tot de gemiddelde volumes per maatregel-marktsegment combinatie.

### 4.5.2 Scope

De scope van de besparingsberekening is de besparing op het finaal gebouwgebonden energieverbruik, waar ook veel beleid direct op gericht is. Het betreft de besparing op het verbruik van energiedragers voor ruimteverwarming én warm water. Voor de isolatiemaatregelen is de besparing op het finaal energieverbruik voor ruimteverwarming berekend. Voor HR-ketels én warmtepompen is de besparing op het finaal energieverbruik voor ruimteverwarming én warm water berekend. Voor zonneboilers is de besparing op het finaal energieverbruik voor warm water berekend.

### Toelichting besparing warmtepompen

Bij warmtepompen is rekening gehouden met het elektriciteitsverbruik van de warmtepomp, met andere woorden de ontsparing op het elektriciteitsverbruik. Dit wordt voor woningen en utiliteit momenteel echter op een net wat andere manier uitgedrukt. Voor woningen is de besparing voor warmtepompen berekend als de besparing op het finaal energieverbruik voor ruimteverwarming minus het finaal elektriciteitsverbruik van de warmtepomp. Voor utiliteit is de besparing voor warmtepompen uitgedrukt in termen van het vermeden fossiele energieverbruik. Hiervoor is aangesloten bij de CBS definitie voor het vermeden fossiele energieverbruik in de warmtepompstatistiek (CBS, 2023b). De besparing is berekend als het fossiele energieverbruik dat anders nodig zou zijn (aardgas in geval van een HR-ketel) minus het fossiele energieverbruik nodig voor het elektriciteitsverbruik voor de warmtepomp.

### Meegenomen maatregelen voor besparing

De meegenomen maatregelen zijn gebaseerd op de beschikbare informatie uit de onderzoeken. In de maatregelen worden isolatiemaatregelen voor vijf bouwdeelen onderscheiden, het toepassen van HR glas, het plaatsen van een HR ketel of warmtepomp (exclusief lucht-lucht) en een zonneboiler (Tabel 4.7). Merk hierbij op dat er dus (gebouw gebonden) maatregelen zijn die niet meegenomen zijn. Tot en met 2020 bevroeg het consumentenonderzoek de respondenten alleen de eerder genoemde maatregelen voor woningen. In 2021 kwam daar de hybride warmtepomp, het aansluiten op blokverwarming en het aansluiten op stadsverwarming bij. In 2022 werd de enquête nog eens uitgebreid met de maatregelen pelletkachel, airco, IR panelen en elektrische boiler. Omdat er dus alleen gegevens zijn voor twee zichtjaren worden deze maatregelen nog niet meegenomen, behalve de hybride warmtepomp, welke is meegenomen in de categorie warmtepompen. Voor warmtepompen wordt de aardgasbesparing (HR-ketel) en de ontsparing door het elektriciteitsverbruik (warmtepomp) meegenomen. Tot slot is het aantal geïnstalleerde PV-panelen wel in kaart gebracht, maar het eigen verbruik van zonnepanelen is niet meegerekend als energiebesparing in dit rapport.

**Tabel 4.5:** Energiebesparende maatregelen

Maatregelen woningbouw en utiliteitsbouw
HR glas (HR++ en beter)
Spouwmuurisolatie
Buitengevelisolatie
Dakisolatie (hellend en plat dak)
Vloerisolatie (ook kruipruimte)
Bodemisolatie
HR ketel
Warmtepomp en hybride warmtepomp (lucht-water en bodemsystemen)
Zonneboiler

### Gebouw typologieën

De woningbouw en utiliteitsbouw zijn onderverdeeld naar subcategorieën, voor woningen op basis van eigendomstype en voor utiliteit op basis van sub-sector/gebouwtype. Dit onderscheid is gekozen aan de hand van de indelingen in de gebruikte bronnen.

In de cijfers over de maatregelen wordt voor woningbouw onderscheid gemaakt in type eigendom, namelijk, koop, sociale huur of particuliere huur. Dit is op basis van de indeling in de gegevens binnen het marktonderzoek.

**Tabel 4.6:** Eigendomstype woningbouw

Eigendomstype woningbouw
Koop
Sociale huur
Particuliere huur

In de cijfers over de maatregelen wordt voor utiliteitsgebouwen in het marktonderzoek onderscheid gemaakt in de gebouwtypen in Tabel 4.7. Onder overig valt bijvoorbeeld horeca, sport, autobedrijf, laboratorium en bijeenkomst. Voor bedrijfshallen (met én zonder productkoeling) wordt een aparte categorie aangehouden. Deze categorisering binnen het marktonderzoek wordt aangehouden voor de cijfers over de aantallen maatregelen.

De bedrijfshallen vallen als gebouwtype momenteel echter buiten de scope van besparingsberekening. Er worden wel m<sup>2</sup>'s isolatie en installatiemaatregelen aan toegerekend vanuit de onderverdeling van verkoopcijfers over de marktsegmenten (zie stap 4 in paragraaf 4.5.3.), maar er is momenteel geen besparing voor bedrijfshallen berekend.

**Tabel 4.7:** Gebouwtype utiliteit

Gebouwtypen utiliteit
Kantoren
Ziekenhuizen
Zorginstellingen
Onderwijs
Retail
Non-food
Overig

**Aanbeveling:** Een deel van de verkochte m<sup>2</sup>'s isolatie en installaties komt terecht bij bedrijfshallen. De besparing die hiermee gepaard gaat is momenteel echter niet berekend. De reden daarvoor is dat er in eerdere jaren nog geen goed onderbouwde verbruiks- en energiebesparingskentallen voor bedrijfshallen beschikbaar waren; de industriefunctie is namelijk geen gebruiksfunctie binnen de labelmethodiek waarmee de verbruikskentallen voor ongeïsoleerd en geïsoleerd bepaald zijn (zie stap 7a in paragraaf 4.5.3). Het verdient aanbeveling om de energiebesparing in bedrijfshallen in de dienstensector wel mee te nemen. Om dit te kunnen doen zijn eerst representatieve energieverbruikskentallen, met onderscheid naar isolatieniveau nodig. Het [CBS dashboard logistiek](#) kan worden gebruikt voor logistieke bedrijfshallen. In een TNO studie uit 2022 (TNO, 2022) is nader gekeken naar het energiebesparingskentallen voor verschillende typen bedrijfshallen binnen de dienstensector. Het is aan te bevelen de besparing bij bedrijfshallen in de dienstensector te berekenen uitgaande van de beschikbare informatie en voorts ook mee te nemen in de decompositie analyse voor de dienstensector. TNO zal de mogelijkheden hiervoor verder verkennen.

## 4.5.3 Bronbewerking

De methodologische stappen in de besparingsberekeningen zijn hieronder in 9 paragrafen uitgewerkt. De methode wijkt in sommige stappen af voor woningen en de utiliteitsbouw. In dat geval zijn ze afzonderlijk beschreven, waarbij stap *a* is gehanteerd voor utiliteitsbouw en *b* voor woningbouw.

De stappen zijn als volgt:

1. Stel de gebouwvoorraad vast
2. Bepaal met de gebouwvoorraad (uit stap 1) het aantal maatregelen in de bestaande bouw in Nederland door middel van extrapolatie van het marktonderzoek
3. Stel de verkoopcijfers voor de bestaande bouw in Nederland vast.
4. Combineer de aantallen maatregelen (uit stap 2) met de gemiddelde volumes per maatregel per marktsegment uit het verwerkersonderzoek. Vermenigvuldig deze met elkaar en maak per maatregel een verdeelsleutel voor de verkoopcijfers over de marktsegmenten.
5. Verdeel de verkoopcijfers (uit stap 3) over de marktsegmenten en de maatregelen met behulp van de verdeelsleutel (uit stap 4).
6. Bepaal de verdeling van uitgangssituaties per maatregel
7. Bepaal een functionele warmtevraag (of equivalent aardgasverbruik) in de uitgangssituatie waarop bespaard wordt
8. Bereken de besparing per marktsegment per maatregel én per uitgangssituatie met behulp van aannames over de geometrie en besparingskentallen voor de referentiegebouwen.
9. Bereken de totale energiebesparing (in aardgasequivalenten) en reken deze vervolgens om naar CO<sub>2</sub>-reductie met behulp van de emissiefactor van aardgas

De volgende paragrafen lichten de stappen één voor één toe.

### Stap 1a. Gebouwvoorraad utiliteitsbouw

#### Bron

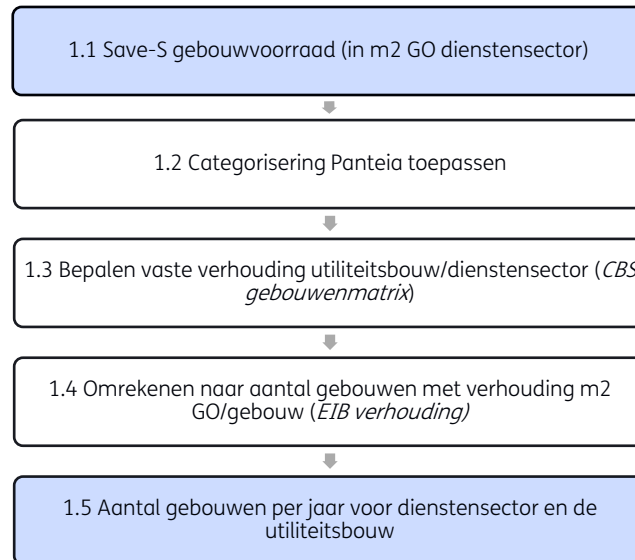
De gebouwvoorraad per zichtjaar is afkomstig uit de voorraadcijfers in het SAVE-S model. Er heeft hiervoor een bewerking plaatsgevonden van de CBS gebouwenmatrix cijfers door PBL. SAVE-S berekent voor elk zichtjaar de gebouwvoorraad in de dienstensector, rekening houdend met sloop, transformatie en nieuwbouw, waarbij interpolatie plaatsvindt tussen 2014-2018, en met schaling naar de meest recente versies van de gebouwenmatrix voor 2020 en 2021. Voor de besparingsberekening worden de voorraadcijfers exclusief leegstand gebruikt. In SAVE-S wordt ook een prognose gemaakt voor de gebouwvoorraad in toekomstige jaren. Dit is van belang, omdat het CBS de gebouwvoorraad niet voor elk jaar publiceert en nieuwe jaren vertraagd publiceert. Zo is eind 2023, de gebouwenmatrix voor 2022 nog niet gepubliceerd.

#### Opmerking

De gebouwvoorraadcijfers voor de jaren vanaf 2016 zijn dit jaar met terugwerkende kracht aangepast. Deze update werkt door in de resultaten van de maatregelen populatie-aantallen in de marktonderzoeken utiliteitsbouw van 2016 t/m 2022. Voor jaren eerder dan 2016 is ook gewerkt met gegevens van het marktonderzoek utiliteit. Voor deze jaren zijn EIB cijfers gebruikt voor de gebouwvoorraad.

### Bewerkingen

Om de gebouwvoorraad op te stellen in termen van aantallen gebouwen zijn bewerkingen gedaan om te komen tot het aantal gebouwen in zowel de utiliteitsbouw als de dienstensector. Voor deze bewerkingen is de indeling van Panteia in gebouwtypen leidend. In Figuur 4.18 worden de stappen schematisch weergegeven en daarna één voor één uitgewerkt.



**Figuur 4.18:** Data bewerking voor opstellen gebouwvoorraad utiliteitsbouw

**Stap 1.1.** Verzamelen van de Save-S gebouwvoorraad, in 1000 m<sup>2</sup> gebruiksoppervlak (GO) in de dienstensector.

**Stap 1.2** Verschillende bronnen hanteren verschillende onderverdelingen in gebruiksfuncties. Om de verschillende omrekeningen te kunnen doen is de categorisering zoals in Tabel 4.8 weergegeven gebruikt. Save-S maakt hierin onderscheid in de meeste categorieën.

**Tabel 4.8:** Categorisering voor omrekening van aantallen

Save-S	CBS	Panteia
Autobedrijf	<b>Overig</b>	Overig
Bedrijfshal met koeling	<b>Bedrijfshal</b>	Bedrijfshallen
Bedrijfshal zonder koeling	<b>Bedrijfshal</b>	Bedrijfshallen
Bijeenkomst	<b>Bijeenkomst</b>	Overig
Binnensport	<b>Sport</b>	Overig
Buitensport	<b>Sport</b>	Overig
Café, restaurant	<b>Horeca</b>	Overig
Dagopvang	<b>Gezondheidszorg</b>	Verzorging
Datacenter	<b>Overig</b>	Overig
Hotel	<b>Logies</b>	Overig
Kantoor	<b>Kantoor</b>	Kantoren
Laboratorium	<b>Overig</b>	Overig
Logies overig	<b>Logies</b>	Overig



Save-S	CBS	Panteia
Penitentiaire inrichting	<b>Gezondheidszorg</b>	Verzorging
Praktijk	<b>Gezondheidszorg</b>	Verzorging
School	<b>Onderwijs</b>	Onderwijs
Supermarkt	<b>Winkel</b>	Winkels food
Verpleeghuis	<b>Gezondheidszorg</b>	Verzorging
Winkel zonder koeling	<b>Winkel</b>	Winkels non-food
Ziekenhuis	<b>Gezondheidszorg</b>	Ziekenhuizen
Zwembad/Sauna	<b>Overig</b>	Overig

**Stap 1.3.** Het gebruiksoppervlak voor de utiliteitsbouw is berekend op basis van het oppervlak van de dienstensector. De dienstensector omvat sector ‘G t/m S en U’. Het aandeel dienstensector binnen de utiliteitsbouw varieert per gebruiksfunctie. De gebouwenmatrix van het CBS is gebruikt om dit aandeel te berekenen. Deze gegevens zijn echter niet jaarlijks beschikbaar, de jaren tussen 2014 en 2018 missen. Daarom is er gebruik gemaakt van een vast percentage, vastgesteld op het gebruiksoppervlak uit 2021, zie de Tabel 4.9.

**Tabel 4.9:** Percentage dienstensector in utiliteitsbouw o.b.v. gebruiksoppervlak in 2021 (CBS, 2023) bewerking TNO

Gebouwtype	percentage dienstensector in utiliteitsbouw
<b>Totaal Diensten</b>	71%
<b>Bedrijfshal</b>	58%
<b>Bijeenkomst</b>	96%
<b>Sport</b>	98%
<b>Gezondheidszorg</b>	99%
<b>Horeca</b>	100%
<b>Logies</b>	99%
<b>Kantoor</b>	90%
<b>Onderwijs</b>	99%
<b>Winkel</b>	98%
<b>Overig</b>	78%
<b>Landbouw</b>	9%
<b>Woning</b>	58%

Stap 1.3 resulteert in de bouwvoorraad voor de dienstensector en utiliteitsbouw uitgedrukt in m<sup>2</sup> gebruiksoppervlak.

Voor 2022 resulteert dit in Tabel 4.10.

**Tabel 4.10:** Gebruiksoppervlakte utiliteitsbouw en diensten in 2022

Gebruiksfuncties Save-S	Gebruiksfuncties Panteia	Utiliteitsbouw Gebruiksoppervlak [1000 m <sup>2</sup> ] excl. Leegstand	Dienstensector Gebruiksoppervlak [1000 m <sup>2</sup> ] excl. Leegstand
Autobedrijf	Overig	19.979	15.575
Bedrijfshal met koeling	Bedrijfshallen	62.720	36.233
Bedrijfshal zonder koeling	Bedrijfshallen	177.679	102.645
Bijeenkomst	Overig	21.195	20.280
Binnensport	Overig	10.342	10.136
Buitensport	Overig	5.456	5.347
Café, restaurant	Overig	7.182	7.156
Dagopvang	Verzorging	2.122	2.111
Datacenter	Overig	1.401	1.092
Hotel	Overig	7.952	7.892
Kantoor	Kantoren	73.343	66.327
Laboratorium	Overig	585	456
Logies overig	Overig	10.915	10.833
Penitentiaire inrichting	Verzorging	879	874
Praktijk	Verzorging	12.494	12.426
School	Onderwijs	33.655	33.460
Supermarkt	Winkels food	4.361	4.285
Verpleeghuis	Verzorging	12.452	12.385
Winkel zonder koeling	Winkels non-food	49.668	48.802
Ziekenhuis	Ziekenhuizen	6.003	5.971
Zwembad/Sauna	Overig	3.348	2.610
<b>Totaal</b>		<b>523.730</b>	<b>406.897</b>

**Stap 1.4.** Voor de opschaling van maatregelen vanuit het marktonderzoek naar Nederland hebben we de gebouwvoorraad uitgedrukt in aantal gebouwen (panden) nodig. In de gebouwenmatrix is informatie beschikbaar over de verhouding verblijfsobjecten (vbo's <sup>7</sup>) naar gebruiksoppervlak. Echter, het aantal panden en vbo's komt niet één op één overeen. Dit komt vooral voor wanneer meerder gebruiksfuncties één gebouw delen. Hierover is meer informatie te vinden in Hoofdstuk 4 van de Rapportage Verrijkte BAG (Sipma, 2023).

Omdat we in voor dit onderzoek de jaarlijkse gebouwvoorraad uitgedrukt in aantal gebouwen (panden) nodig hebben, wordt het gebruiksoppervlak met een vast percentage omgerekend naar het aantal gebouwen. De gemiddelde gebouw grootte is bepaald voor 32 verschillende gebouwtypen op basis van data van EIB in 2016. Deze zijn gebaseerd op Geon, WmB project, Panteia, RGD, inschatting met CBS data, Mobius, ECN inschatting en Locatus. In tabel 4.11 is deze verhouding weergegeven.

<sup>7</sup> De definitie van een verblijfsobject is: "Kleinste binnen één of meer panden gelegen en voor woon-, bedrijfsmatige, of recreatieve doeleinden geschikte eenheid van gebruik die ontsloten wordt via een eigen afsluitbare toegang vanaf de openbare weg, een erf of een gedeelde verkeersruimte, onderwerp kan zijn van goederenrechtelijke rechtshandelingen en in functioneel opzicht zelfstandig is" (Praktijkhandleiding BAG).

**Tabel 4.11:** Gemiddeld oppervlak per type utiliteitsbouw (m<sup>2</sup> GO/gebouw) (EIB, 2016) bewerking TNO

Gemiddeld oppervlak (m <sup>2</sup> GO/gebouw)	Totaal utiliteit	Kantoren	Ziekenhuizen	Verzorging	Onderwijs	Winkels food	Winkels non-food	Bedrijfs-hallen	Overig
Utiliteit	1.005	975	9.862	516	2.321	501	309	5.751	629
Diensten	927	975	9.862	518	2.322	501	309	6.287	602

**Stap 1.5.** De voorgaande stappen resulteren in de gebouwvoorraad uitgedrukt in aantal gebouwen, zoals weergegeven in Tabel 4.12.

**Tabel 4.12:** Gebouwvoorraad in aantal gebouwen (panden) en bijhorend gebruiksoppervlak in 2022

		Totaal utiliteit	Kantoren	Verpleging, verzorging en ziekenhuizen		Onderwijs	Winkels		Bedrijfshallen	Overig
				Ziekenhuizen	Verzorging		Winkels food	Winkels non-food		
Aantal gebouwen	Utiliteit	496.352	75.235	609	54.194	14.501	8.700	160.827	41.801	140.485
	Diensten	460.626	68.039	605	53.629	14.411	8.549	158.026	22.090	135.278
Oppervlak (m <sup>2</sup> GO)	Utiliteit	523.729.924	73.342.825	6.003.397	27.946.283	33.654.762	4.361.274	49.667.554	240.398.547	88.355.281
	Diensten	406.897.158	66.327.252	5.970.981	27.795.384	33.460.100	4.285.314	48.802.491	138.878.276	81.377.361

## Stap 1b. Gebouwvoorraad woningbouw

### Bron

Het aantal huishoudens in Nederland is hierbij gehanteerd door I&O Research en gebaseerd op de CBS cijfers over het aantal particuliere huishoudens in Nederland.

## Stap 2a. Aantal maatregelen utiliteitsbouw

Uit de analyse van het utiliteitsbouw marktonderzoek komen gegevens over het aantal genomen maatregelen in de utiliteitsbouw per gebruiksfunctie. De steekproef wordt geschaald naar de landelijke voorraadcijfers voor aantal gebouwen. Vanaf 2016 worden de CBS gebouwenmatrix en Save-S gebouwvoorraad als input gebruikt, zoals beschreven in de eerste stap. Hierbij is een correctie gevoerd met een weegfactor voor gebouw grootte. Daarmee wordt gecorrigeerd voor het gemiddeld oppervlak uit de steekproef ten opzichte van het landelijke gemiddeld oppervlak. Uit deze analyse komt het totaal aantal maatregelen per gebruiksfunctie per jaar.

## Stap 2b. Aantal maatregelen woningbouw

Voor het aantal maatregelen in de woningbouw is gebruikt gemaakt van gegevens verzameld door I&O research. Het aantal maatregelen is door I&O research geëxtrapoleerd naar de gehele woningvoorraad. Deze cijfers worden gehanteerd en zijn terug te vinden in I&O Research (2023).

## Stap 3. Verzamelen verkoopcijfers bestaande bouw

In deze stap zijn de verkoopcijfers uit de verschillende bronnen verzameld en eventueel bewerkt. Per maatregel worden de bronnen toegelicht.

### *Isolatiemateriaal en HR-ketels*

De jaarlijkse verkoopcijfers van Buildsight voor isolatiemateriaal, glastype en HR-ketels voor de bestaande bouwvoorraad worden in deze stap geïnventariseerd. Buildsight maakt hierbij onderscheid tussen toepassing in de nieuwbouw en bestaande bouw (zie paragraaf 4.2.1).

### *Warmtepompen*

De cijfers over warmtepompen in woningen en utiliteit worden jaarlijks geüpdatet door het CBS. De CBS cijfers (CBS, 2023b) over het aantal bijgeplaatste warmtepompen in woningen en utiliteitsgebouwen worden daarbij gehanteerd. Vervolgens wordt door TNO een inschatting gemaakt van het aandeel in de bestaande bouw.

Voor woningen is met het SAWEC model berekend hoeveel warmtepompen jaarlijks in nieuwbouw terecht komt en dat wordt vervolgens in mindering gebracht op het totale aantal bijgeplaatste warmtepompen. Voor woningen laat deze berekening zien dat de laatste jaren jaarlijks circa 1/3<sup>e</sup> van de warmtepompen in de bestaande bouw terecht komt.

Voor de utiliteitsbouw is momenteel aangenomen dat alle warmtepompen geplaatst worden in de bestaande bouw.

***Aanbeveling:** Ook in de nieuwbouw utiliteit worden echter warmtepompen geplaatst. In de volgende versie kan deze aanname in het rekenmodel door TNO verbeterd worden aan de hand van het SAVE-S model door te kijken hoeveel warmtepompen er jaarlijks in de nieuwbouw bijkomen en dit aantal af te trekken van het CBS totaal bijgeplaatste warmtepompen.*

Lucht-lucht warmtepompen worden momenteel niet meegenomen in de cijfers over aantallen warmtepompen (voor de berekening van de energiebesparing). De cijfers over het aantal lucht-lucht warmtepompen zijn wel gebruikt in de berekening van elektriciteitsverbruik voor ruimtekoeling (airco's). Sinds 2023 worden ook cijfers over aantallen hybride warmtepompen verzameld door het CBS. Dit aantal is sindsdien wel meegenomen in het totale aantal warmtepompen.

***Aanbeveling:** Als lucht-lucht warmtepompen voor verwarming worden gebruikt levert dit een besparing op energie voor ruimteverwarming op. Dit zou bij voorkeur meegenomen worden in de besparing. Om dit in te kunnen schatten is wel literatuur- of marktonderzoek nodig in welke mate deze systemen naast koeling ook voor verwarming worden gebruikt. De mogelijkheden hiervoor moeten eerst nog nader worden verkend.*

### *Zonnecollectoren*

De cijfers over zonnewarmte in woningen en utiliteit worden jaarlijks geüpdatet door het CBS (CBS, 2023c). Voor zonnecollectoren worden alleen de kleinere systemen met < 6 m<sup>2</sup> collectoroppervlak meegenomen. Grotere afgedekte systemen en onafgedekte systemen worden dus niet meegenomen. De reden hiervoor is dat de aantallen hierover niet bekend zijn in de statistiek. De cijfers voor de aantallen systemen worden gehanteerd, met een correctie voor het aandeel in de bestaande bouw op basis van een CBS uitsplitsing per

sector<sup>8</sup> (CBS, 2019). Voor de laatste jaren ontbreekt echter de CBS data over zonnecollector aantallen en is alleen de m<sup>2</sup>'s collectoroppervlak bekend vanuit de statistiek. Voor deze jaren wordt een inschatting gemaakt van de aantallen als volgt:

$$\text{Aantal collectorensystemen} < 6\text{m}^2 = \frac{\text{m}^2 \text{ collectorensystemen} < 6\text{m}^2}{3\text{m}^2/\text{collector}}$$

**Aanbeveling:** De CBS-data (CBS, 2023c) bevatten ook gegevens over het in gebruik genomen, uit gebruik genomen en opgesteld collectoroppervlak in m<sup>2</sup> en de warmteproductie in TJ per zichtjaar. Aanbeveling is om in de volgende versie de besparing per zichtjaar hierop te baseren en een inschatting te maken welk deel van de besparing in de bestaande bouw plaatsvindt.

#### Zon-PV

Er zijn geen jaarlijkse verkoopcijfers beschikbaar over aantallen zonnepanelen. Daarom zijn de aantallen uit het marktonderzoek gebruikt en geëxtrapoleerd naar de gehele utiliteitsbouw. Voor woningen zijn de cijfers afkomstig uit het consumentenonderzoek. Deze cijfers zijn alleen opgegeven ter kennisgeving. Het geïnstalleerde vermogen voor zon-PV en elektriciteitsaanbod bij huishoudens en diensten wordt bijgehouden door het CBS. Deze cijfers zijn wel verwerkt in de gegevens van TNO. Echter, omdat de scope van de besparing alleen de besparing op verwarming betreft wordt het eigen verbruik van zonnestroom niet meegenomen in de besparingsresultaten.

## Stap 4. Gemiddelde volumes maatregelen naar marktsegmenten en bepaling verdeelsleutel

Om de cijfers over het aantal maatregelen te kunnen vergelijken met de verkoopcijfers moet een omrekeningsstap plaatsvinden. Per isolatiemaatregel is een inschatting van het aantal vierkante meters isolatie nodig per maatregel met onderscheid naar gebouwtype. Net zo moet per type installatiemaatregel een inschatting van het aantal geplaatste installaties worden gemaakt. Hiervoor is in de huidige methode een vaste verhouding aangenomen per maatregel-marktsegment combinatie, die is bepaald op basis van de resultaten van het verwerkersonderzoek van USP. TNO heeft hiervoor de gemiddelde hoeveelheid m<sup>2</sup> isolatiematerialen, m<sup>2</sup> glas en aantallen verwarmingssystemen per project en per gebouwtype berekend. Deze gemiddelde volumes worden vermenigvuldigd met het aantal maatregelen.

In Tabel 4.13 zijn als voorbeeld de gegevens voor de volumes bij glasvervanging aangegeven.

**Tabel 4.13:** Gemiddelde hoeveelheid toegepast per project voor de maatregel glas vervanging [m<sup>2</sup> per project] (UPS marktonderzoek 2020) bewerking TNO

Categorie	Hoeveelheid glas [m <sup>2</sup> raamoppervlak per project]
Koopwoningen	33
Particuliere huurwoningen	8
Sociale huurwoningen	30
Bedrijfshallen	146

<sup>8</sup> Sinds 2020 is echter geen nieuwe uitsplitsing per sector meer beschikbaar van het CBS, dezelfde verdeling als in 2019 is daarom gebruikt vanaf 2020.

Categorie	Hoeveelheid glas [m <sup>2</sup> raamoppervlak per project]
Kantoren	211
Non-food	220
Onderwijs	206
Overig	32
Retail	220
Ziekenhuizen	186
Zorginstellingen	125

Vervolgens zijn de aantallen maatregelen en de gemiddelde volumes per maatregel uit het verwerkersonderzoek met elkaar vermenigvuldigd. Daarmee wordt per maatregel een verdeelsleutel gemaakt voor de verkoopcijfers over de marktsegmenten.

### Voorbeeld voor glasisolatie in 2022

In Tabel 4.14 is een voorbeeld gegeven voor glasisolatie in zichtjaar 2022.

**Tabel 4.14:** Voorbeeld verdeling glasisolatie in de bestaande bouw naar marktsegmenten

Categorie	Gemiddeld volume per maatregel 2022	Aantal maatregelen in Nederland 2022 (extrapolatie naar NL)	Verdeelsleutel o.b.v. aantal maatregelen en gemiddelde volume	Verdeling Verkoopcijfers bestaande bouw in 2022
Koopwoningen	33	340.238	68,2%	2.764.647
Particuliere huurwoningen	8	54.759	2,6%	104.218
Sociale huurwoningen	30	96.633	17,8%	722.413
Bedrijfshallen	146	1.377	1,2%	49.852
Kantoren	211	3.903	5,0%	204.168
Non-food	220	1.945	2,6%	106.008
Onderwijs	206	161	0,2%	8.212
Overig	32	1.433	0,3%	11.294
Retail	220	87	0,1%	4.755
Ziekenhuizen	186	14	0,0%	654
Zorginstellingen	125	2.546	1,9%	78.777

### Voorbeeld voor warmtepompen in 2022

Het aantal verkochte warmtepompen per marktsegment is bepaald op basis van de marktonderzoeken. Deze verdeling wordt hierbij wel apart gemaakt voor woningen en utiliteitsbouw, aangezien de totale verkoopcijfers voor woningen en utiliteit apart bekend zijn. In de marktonderzoeken wordt geen onderscheid naar type warmtepomp gemaakt (hybride is wel meegenomen bij woningen). Hiermee wordt de verdeling naar marktsegment in Tabel 4.15 verkregen.

**Tabel 4.15:** Voorbeeld verdeling warmtepompen in de bestaande bouw naar marktsegmenten

Categorie	Gemiddeld volume per maatregel 2022	Aantal maatregelen in Nederland 2022 (extrapolatie)	Verdeelsleutel o.b.v. aantal maatregelen en gemiddelde volume	Verdeling Verkoopcijfers bestaande bouw in 2022
Koopwoningen	1	94.200	68,9%	24.146
Particuliere huurwoningen	1	12.026	8,8%	3.083
Sociale huurwoningen	1	30.444	22,3%	7.804
Bedrijfshallen	1	306	16,7%	1.351
Kantoren	1	260	14,2%	1.149
Non-food	1	486	26,5%	2.146
Onderwijs	1	0	0,0%	0
Overig	1	229	12,5%	1.013
Retail	1	0	0,0%	0
Ziekenhuizen	1	0	0,0%	0
Zorginstellingen	1	554	30,2%	2.443

## Stap 5. Verdeling verkoopcijfers over marktsegmenten

Met behulp van de marktonderzoeken (stap 4) en de daarmee bepaalde verdeelsleutels per marktsegment worden de verkoopcijfers verdeeld over de marktsegmenten.

### Tussenresultaat isolatiemaatregelen en installatiemaatregelen naar marktsegment

In tabellen hieronder staat het tussenresultaat voor de verkochte m<sup>2</sup> isolatiemaatregelen, m<sup>2</sup> glisolatie en installaties naar marktsegmenten voor 2022 voor woningbouw en utiliteitsbouw.

**Tabel 4.16:** Verkoopcijfers isolatiemaatregelen per bouwdeel verdeeld naar marktsegment in 2022

	Plat dak [m <sup>2</sup> dak]	Hellend dak [m <sup>2</sup> dak]	Vloerisolatie [m <sup>2</sup> vloer]	Spouwmuur [m <sup>2</sup> gevel]	Gevelisolatie [m <sup>2</sup> gevel]
Koopwoningen	7.283.669	0	8.208.182	5.448.895	1.952.200
Particuliere huurwoningen	268.177	0	813.936	318.531	53.606
Sociale huurwoningen	308.466	0	259.660	88.260	210.188
Bedrijfshallen	1.783.989	200.921	93.887	26.964	141.804
Kantoren	600.903	134.109	32.197	557.265	341.869
Non-food	1.062.706	152.860	156.068	0	300.011
Onderwijs	235.944	16.461	0	0	16.539
Overig	78.635	47.497	24.448	6.218	9.196
Retail	76.273	0	0	0	26.916
Ziekenhuizen	4.513	0	0	0	2.298
Zorginstellingen	301.663	192.030	79.546	663.164	321.335

**Tabel 4.17:** Verkoopcijfers glisolatie verdeeld naar marktsegment in 2022

	Glas [m <sup>2</sup> glas]
Koopwoningen	2.764.647
Particuliere huurwoningen	104.218
Sociale huurwoningen	722.413
Bedrijfshallen	49.852
Kantoren	204.168
Non-food	106.008
Onderwijs	8.212
Overig	11.294
Retail	4.755
Ziekenhuizen	654
Zorginstellingen	78.777

**Tabel 4.18:** Verkoopcijfers installaties verdeeld naar marktsegment in 2022

	HR ketel	Warmtepomp	Zonneboiler
Koopwoningen	181.606	24.146	6.017
Particuliere huurwoningen	53.567	3.083	0
Sociale huurwoningen	146.190	7.804	0
bedrijfshallen	5.772	1.351	0
Kantoren	16.510	1.149	891
Non-food	9.171	2.146	0
Onderwijs	3.072	0	55
Overig	6.705	1.013	216
Retail	1.039	0	0
Ziekenhuizen	23	0	0
Zorginstellingen	14.052	2.443	568



### *Opmerkingen representativiteit*

De aantallen maatregelen in Nederland (geëxtrapoleerd naar Nederland op basis van de marktonderzoeken) vermenigvuldigd met de volumes uit het verwerkersonderzoek hoeven niet voor iedere maatregel (noodzakelijkerwijs) een correct beeld op te leveren over de totale afzet van producten in de bestaande bouw *in dat specifieke jaar*. Dat kan bijvoorbeeld komen als de werkelijke afzet *in dat jaar* zich voordoet in een specifiek deel van de gebouwvoorraad. Een representativiteit marktonderzoek geeft dan een verkeerd beeld. In het consumentenonderzoek van I&O uit 2023 zijn representatieve groepen van bewoners van koopwoningen, sociale huurwoningen en particuliere huurwoningen geselecteerd. Voor de berekening van de aantallen genomen maatregelen voor de woningpopulatie en eigendomsstypen, zijn deze representatieve groepen (n=1.518 in totaal) gewogen naar geslacht, leeftijd, opleiding, en regio (I&O, 2023). Voor het marktonderzoek onder utiliteitsbouw is getracht een representatieve steekproef te verkrijgen (Panteia, 2023). Voor dit onderzoek zijn de respondenten geselecteerd uit het eerdere onderzoek (panelleden) en zijn nieuwe leden geselecteerd uit het REACH-bestand. Dit is een databestand met gegevens over alle vestigingen in Nederland waar betaald werk wordt verricht. Een vestiging komt min of meer overeen met een gebouw. Ieder jaar wordt een andere steekproef bevroegd.

Een tweede reden is dat de gemiddelde toegepaste volumes per soort maatregel gebaseerd zijn op het verwerkersonderzoek voor één specifiek zichtjaar. Het kan voorkomen dat er specifieke afwijkende gebouwgeometrieën en/of volumes van maatregelen voorkomen in de gerenoveerde gebouwvoorraad voor een ander zichtjaar. De oorzaak is wederom dat de maatregelen worden toegepast in een specifiek deel van de woning- en gebouwvoorraad. Voor marktsurvey-onderzoeken en statistisch onderzoek geldt dat er vele onzekerheden zijn. Belangrijk om te benadrukken is dat de marktonderzoeken alleen gebruikt worden om de verdeling van de verkoopcijfers naar marktsegmenten te maken.

## Stap 6 Bepaal de verdeling van uitgangssituaties per maatregel

Voor de maatregelen wordt de uitgangssituatie meegenomen. Hieronder is per maatregel aangegeven welke combinaties worden onderscheiden.

### **Vloer (en kruipruimte), gevel, spouwmuur, hellend dak, plat dak, buitengevel,**

- isolatie als toevoeging op bestaande isolatie
- isolatie ter vervanging van bestaande isolatie
- isolatie van een uitbreiding van het gebouw
- isolatie waar eerst geen isolatie was.

Deze isolatieniveaus zijn daarna gecategoriseerd naar uitgangssituatie geïsoleerd of ongeïsoleerd, zie tabel 4.13.

**Tabel 4.19:** Uitgangssituatie per isolatietype

Uitgangssituatie isolatie	Uitgangssituatie gasverbruik
Isolatie als toevoeging op bestaande isolatie	Geïsoleerd
Isolatie ter vervanging van bestaande isolatie	Geïsoleerd
Isolatie van een uitbreiding van het gebouw	Ongeïsoleerd
Isolatie waar eerst geen isolatie was	Ongeïsoleerd

**Glas vervanging:**

Hierbij is vervanging van gebroken glas niet meegenomen

- Enkel glas vervangen door HR+
- Enkel glas vervangen door HR++
- Enkel glas vervangen door HR+++
- Dubbel glas vervangen door HR+
- Dubbel glas vervangen door HR++
- Dubbel glas vervangen door HR+++
- HR+ vervangen door HR++
- HR+ vervangen door HR+++

**Ketel vervanging:**

- CR ketel wordt vervangen door een HR ketel
- VR ketel wordt vervangen door een HR ketel
- HR ketel wordt vervangen door een HR ketel

**Warmtepomp**

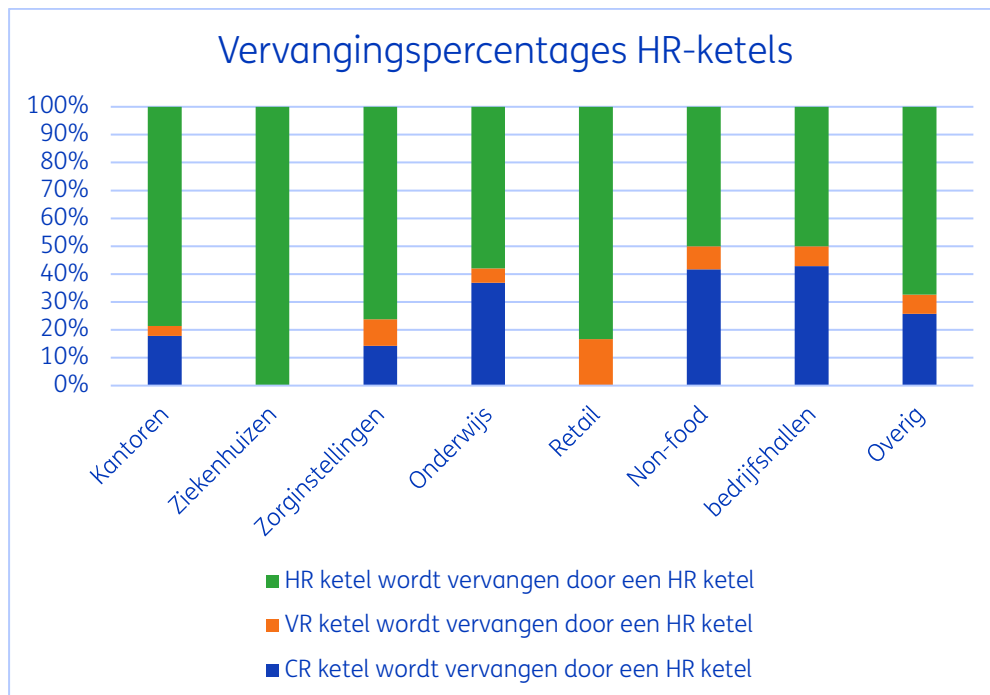
- Hybride
- All-electric

**Zonneboiler**

- Zonneboiler
- Zonneboiler combi

*Voorbeeld vervanging*

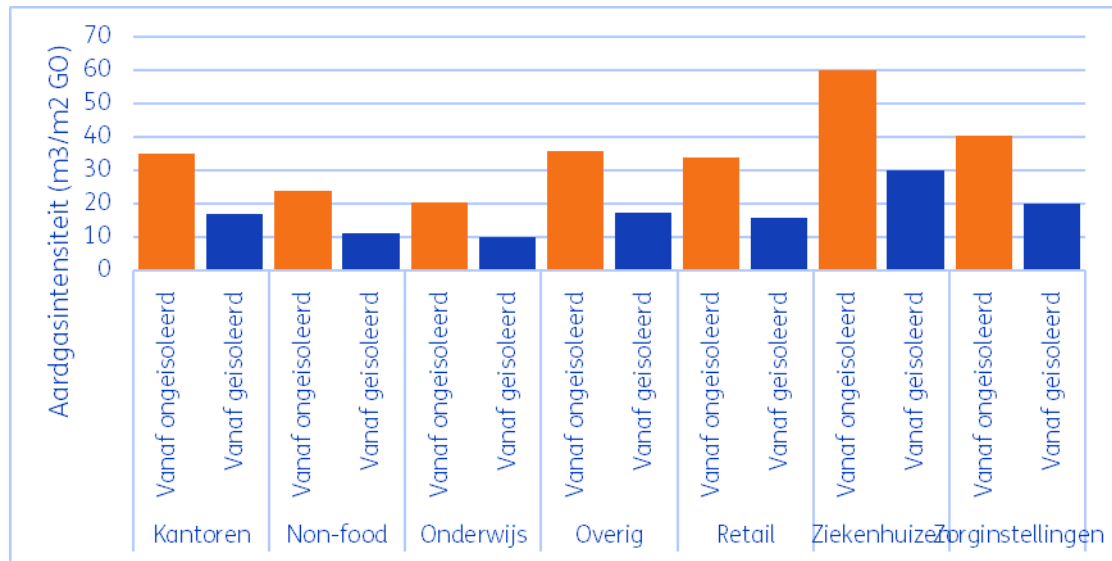
Per maatregel is steeds uitgewerkt wat vervangen wordt. Hiervoor is per gebruiksfunctie een onderverdeling gemaakt op basis van analyse van de marktonderzoekgegevens. Bijvoorbeeld voor de HR ketel is de figuur 4.19 opgesteld.



**Figuur 4.19:** Wat vervangt de HR ketel in 2022 per gebruiksfunctie (Panteia, 2023) bewerking TNO

## Stap 7a. Functionele warmtevraag utiliteitsbouw

Om de besparing te berekenen wordt gewerkt met kentallen voor het verbruik per gebruiksfunctie en per uitgangssituatie. Deze kentallen zijn opgesteld met EPA software door ECN in 2012 voor referentiegebouwen. Het betreft de aardgasintensiteit, uitgedrukt in m<sup>3</sup> per m<sup>2</sup> gebruiksooppervlak per gebruiksfunctie en per uitgangssituatie. Er zijn twee uitgangssituaties, namelijk voor een ongeïsoleerd gebouw (Rc=0,4) en voor een geïsoleerd gebouw (Rc=1,3), zie Figuur 4.20.



**Figuur 4.20:** Aardgasintensiteit per gebruiksfunctie en uitgangssituatie bron: (ECN, 2012)

**Aanbeveling:** In Figuur 4.20 betreft het berekende gas-kentallen voor een ongeïsoleerde en geïsoleerde variant van een referentiegebouw. Het betreft vaste kentallen voor het referentieverbruik, zonder verdere differentiatie naar zichtjaren. Aanbeveling is om de gas-kentallen voor deze referenties te baseren op het gemeten verbruik en indien mogelijk onderscheid naar zichtjaar te maken. De afgelopen jaren zijn diverse studies uitgevoerd die aardgas-kentallen voor de utiliteitsbouw hebben ontwikkeld op basis van gemeten verbruiken. Zie: **Energiekengetallen utiliteitsgebouwen - Energy.nl**. De hier veronderstelde gas-kentallen zijn (veel) hoger dan de gas-kentallen voor recentere jaren, zoals uit recent TNO onderzoek blijkt (Sipma, 2023). De aanbeveling is daarom bovenstaande kentallen te gaan actualiseren met behulp van de kentallen uit (Sipma, 2023) voor recente jaren, de oudere kentallenstudies te gebruiken voor eerdere jaren, en te gaan interpoleren voor tussenliggende jaren.

## Stap 7b. Functionele warmtevraag woningbouw

SAWEC rekent met 60 woningcategorieën (3 eigendomsclassen, 5 bouwjaarklassen en 4 woningtypen). De warmtevraag verschilt voor elk van die 60 woningcategorieën. De verhouding in warmtevraag tussen woningcategorieën is bepaald op basis van de WoON2018 energiemodule. Hierbij is onderscheid gemaakt naar warmtevraag voor ruimteverwarming, tapwater en koken. Voor koken en tapwater is gebruik gemaakt van formules zoals beschreven in de rapportage van Tigchelaar (2013) die geüpdatet zijn met de waarden uit WoON 2018 energiemodule.

De warmtevraag wordt per categorie in eerste instantie berekend met een vereenvoudigd fysisch model. Voor ruimteverwarming wordt de totale warmtevraag vervolgens zodanig gefit dat het gasgebruik dat SAWEC berekent (rekening houdend met isolatie en installatierendementen) overeenkomt met de klimaatgecorrigeerde statistiek (het lopende 5-jaarsgemiddelde).

## Stap 8a Energiebesparing utiliteitsbouw

Voor utiliteitsbouw wordt de jaarlijkse energiebesparing berekend op basis van besparingskentalen per maatregel, uitgangssituatie en gebruiksfunctie. De besparing is uitgewerkt in stap 8a1 voor isolatie en glasvervanging, 8a2 voor verwarmingsinstallaties en 8a3 voor zonne-energie.

### 8a1. Isolatie en glasvervanging:

De besparing door isolatie is gebaseerd op het soort maatregel en bouwdeel, de geometrie van het referentiegebouw en de uitgangs- en doelsituatie.

Eerst is bepaald hoeveel m<sup>2</sup> gebruiksoppervlak hoort bij de verkochte maatregelen voor de verschillende gebruiksfuncties. Dit is bepaald aan de hand van de vormfactoren (geometrische verhoudingen) voor de referentiegebouwen door ECN. Deze verhouding per gebruiksfunctie is ter illustratie voor een plat dak weergegeven Tabel 4.20. Daarna wordt bepaald voor elke maatregel welk aandeel vanaf ongeïsoleerd of geïsoleerd afkomt. Dit bepaalt het besparingspercentage. Dit percentage, weergegeven ter illustratie in tabel 4.22 voor een plat dak, is bepaald voor de doelisolatiewaardes zoals weergegeven in Tabel 4.21 en is ten opzichte van de uitgangssituatie ongeïsoleerd of geïsoleerd. Deze besparingspercentages zijn berekend door ECN met EPA-U software. De aardgasbesparing wordt per gebruiksfunctie, maatregel en uitgangssituatie berekend. Dit is ook schematisch weergegeven in Figuur 4.21. De besparing van een enkele isolatiemaatregel is als voorbeeld hieronder uitgewerkt.

In formulevorm wordt de besparing door isolatiemaatregelen berekend als:

$$\text{Aardgasbesparing isolatiemaatregel [m}^3\text{]} = \text{verkocht\_oppervlak\_uitgangssituatie[m}^2\text{\_bouwdeel]} * \text{vormfactor[m}^2\text{GO/m}^2\text{\_bouwdeel]} * \text{besp\_maatregel\_per\_m}^2\text{GO\_uitgangssituatie[\%]} * \text{gaskental\_uitgangssituatie [m}^3\text{/m}^2\text{GO]}$$

Voor glasvervanging wordt een vergelijkbare berekening gemaakt. Het verschil is dat het type glas in de uitgangssituatie (enkel, dubbel, of HR) bepalend is voor het besparingskental. De aardgasbesparing wordt per gebruiksfunctie, bouwdeel en uitgangssituatie berekend. Dit is ook schematisch weergegeven in Figuur 4.22.

In formulevorm:

$$\text{Aardgasbesparing glasvervanging [m}^3\text{]} = \text{verkocht\_oppervlak\_uitgangssituatie [m}^2\text{\_glas]} * \text{vormfactor[m}^2\text{GO/m}^2\text{\_glas]} * \text{besp\_maatregel\_glas\_uitgangssituatie[\%]} * \text{gaskental\_uitgangssituatie\_gebouw [m}^3\text{/m}^2\text{ GO]}$$

**Tabel 4.20:** Verhouding gebruiksooppervlak ten opzichte van bouwdeel per gebruiksfunctie voor een plat dak (bron: ECN)

Categorie	Maatregel	eenheid	Uitgangssituatie	factor
Kantoren	Plat dak	m <sup>2</sup> GO/m <sup>2</sup> dak	Vanaf ongeïsoleerd	1,52
Onderwijs	Plat dak	m <sup>2</sup> GO/m <sup>2</sup> dak	Vanaf ongeïsoleerd	3,08
Retail	Plat dak	m <sup>2</sup> GO/m <sup>2</sup> dak	Vanaf ongeïsoleerd	1,00
Zorginstellingen	Plat dak	m <sup>2</sup> GO/m <sup>2</sup> dak	Vanaf ongeïsoleerd	2,00
Ziekenhuizen	Plat dak	m <sup>2</sup> GO/m <sup>2</sup> dak	Vanaf ongeïsoleerd	6,85
Non-food	Plat dak	m <sup>2</sup> GO/m <sup>2</sup> dak	Vanaf ongeïsoleerd	1,00
Overig	Plat dak	m <sup>2</sup> GO/m <sup>2</sup> dak	Vanaf ongeïsoleerd	2,57

**Tabel 4.21:** Isolatiewaarden per bouwdeel in de doelsituatie (bron: eigen aannames ECN)

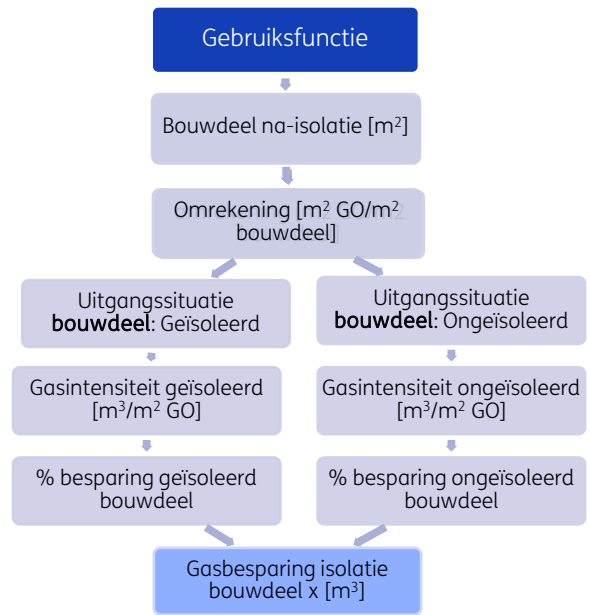
	Rc-waarde doelsituatie [..]
Dak	3,5
Spouwmuur	1,39
Vloer	1,8
Gevel	3,5

**Tabel 4.22:** Besparingspercentage plat dak per uitgangssituatie en gebruiksfunctie (bron: EPA berekeningen ECN)

Categorie	Maatregel	Doelsituatie	Besparingspercentage vanaf Ongeïsoleerd (Rc=0,4)	Besparingspercentage vanaf Geïsoleerd (Rc=1,3)
Kantoren	Plat dak	naar RC 3,5	23%	21%
Onderwijs	Plat dak	naar RC 3,5	10%	10%
Retail	Plat dak	naar RC 3,5	30%	25%
Zorginstellingen	Plat dak	naar RC 3,5	12%	10%
Ziekenhuizen	Plat dak	naar RC 3,5	5%	4%
Non-food	Plat dak	naar RC 3,5	29%	25%
Overig	Plat dak	naar RC 3,5	18%	16%

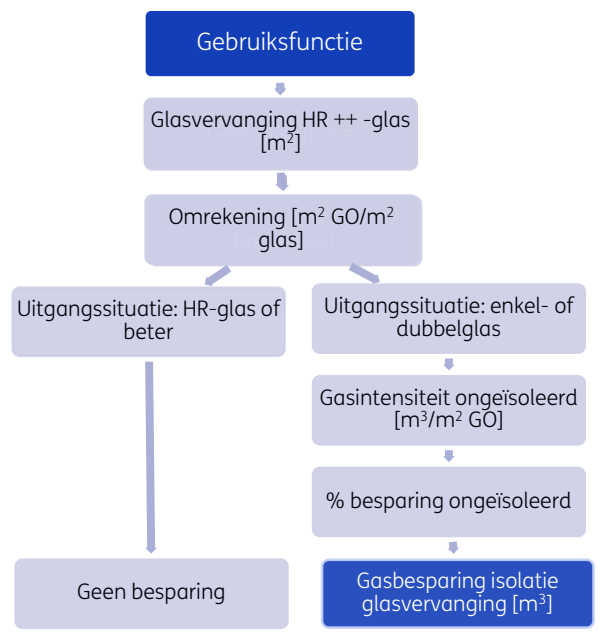
Opmerking bij tabel: Het valt op dat de besparing bij onderwijs gelijk is voor beide uitgangssituaties. De doelsituatie is beide Rc 3,5. Echter, het gasgebruik in de uitgangssituatie is lager vanaf Rc 1,3. De absolute besparing is lager bij hetzelfde besparingspercentage

*Schematische weergave berekeningsstappen isolatie en glasvervanging*



**Figuur 4.21:** Gasbesparing isolatie utiliteitsbouw variërend per gebruiksfunctie

Wanneer glas wordt vervangen wordt er gekeken in hoeveel procent van de gevallen er enkel, dubbel of HR-glas aanwezig was. Voor vanaf enkelglas en vanaf dubbelglas is er uitgegaan van het gaskental voor de uitgangssituatie ongeïsoleerd. Als HR-glas wordt vervangen door HR-glas is geen besparing gerekend.



**Figuur 4.22:** Gasbesparing glasvervanging utiliteitsbouw variërend per gebruiksfunctie

**Voorbeeld**

Een voorbeeld voor na-isolatie van non-food, voor een ongeïsoleerd plat dak is uitgewerkt. De formules van hierboven is toegepast. De resultaten en tussenberekeningen zijn weergegeven in de tabel hieronder. Dit leidt tot een besparing van 9.505 m<sup>3</sup> voor de maatregel voor een non-food gebouw met een gebruiksoppervlak van 1356 m<sup>2</sup>.

**Tabel 4.23:** Jaarlijkse besparing

	Gebruiksfunctie	Bouwdeel	Uitgangssituatie	Waarde	Eenheid
Oppervlak	non-food	Plat dak		1412	m <sup>2</sup> dak
Aardgasintensiteit uitgangssituatie	Non-food		Vanaf ongeïsoleerd	24,81	m <sup>3</sup> aardgas /m <sup>2</sup> GO
Verhouding	Non-food			0,96	m <sup>2</sup> GO/m <sup>2</sup> dak
Besparing (%)	Non-food	Plat dak	Vanaf ongeïsoleerd	29%	
Jaarlijkse besparing per gebouw	Non-food	Plat dak		9.505	m <sup>3</sup>

**8a2. Verwarmingsinstallatie**

Voor de verwarmingsinstallaties HR ketel en warmtepomp wordt de aardgasbesparing op verschillende wijze berekend. Voor een HR-ketel in de utiliteit wordt rekening gehouden met de gebruiksfunctie. Er wordt ook bepaald wat de uitgangssituatie is (of een CR, VR of HR ketel aanwezig was), de geometrie (vormfactor van het gebouw) en welke aardgasbesparingspercentage daarbij hoort. Daarmee wordt de aardgasbesparing berekend.

In formulevorm:

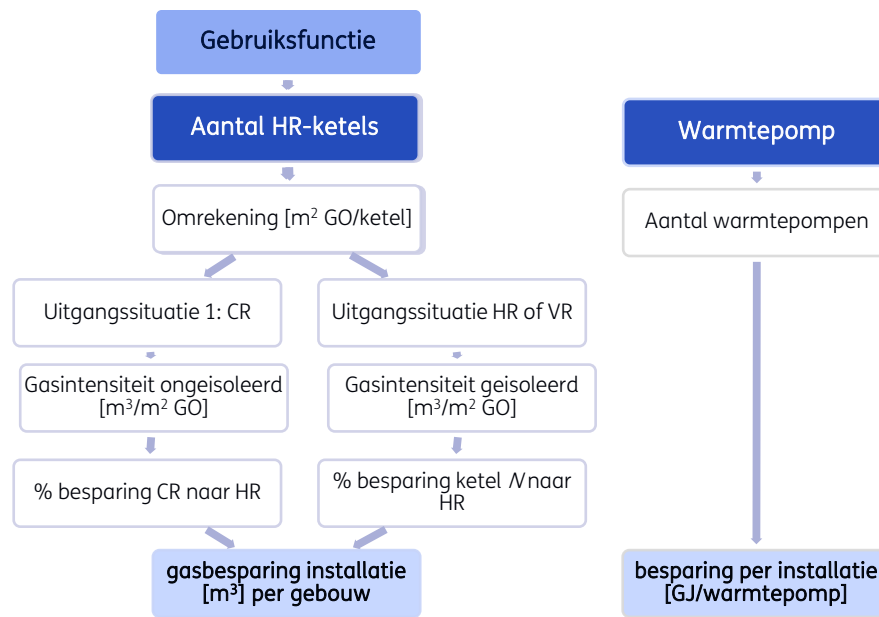
$$aardgasbesparing [m^3] = verkocht\_ketels\_uitgangssituatie[aantal] * vormfactor[m^2GO/ketel] * besp\_maatregel\_ketel[%] * gaskental\_uitgangssituatie [m^3/m^2 GO]$$

Voor warmtepompen in de utiliteit zijn de gemiddelde besparingen per warmtepomp afgeleid uit de statistieken van het CBS (CBS, 2023b). Voor warmtepompen berekent het CBS de energiebesparing per soort warmtepomp in de vorm van het vermeden fossiele energieverbruik. De besparing van de warmtepompen hangt af van het verschil tussen het uitgespaarde aardgasverbruik (aardgasketel) minus het extra verbruik van elektriciteit (warmtepomp) en de daaraan gerelateerde primaire fossiele energie (CBS, 2023c). Met deze statistiek is de gemiddelde besparing per warmtepomp en per zichtjaar berekend (in GJ/warmtepomp) en vermenigvuldigd met het aantal bijgeplaatste warmtepompen per zichtjaar. Ter illustratie: De gemiddelde besparing per geïnstalleerde warmtepomp in de utiliteitsbouw is 102 GJ in 2022 (berekend op basis van CBS statline totale vermeden fossiele gebruik voor de lucht-water en bodem warmtepompen en gedeeld door aantal opgestelde warmtepompen). De energiebesparing wordt berekend met de formule hieronder.

In formule:

$$besparing [GJ] = aantal\ warmtepompen * gem.\ besparing\ in\ GJ\ per\ warmtepompinstallatie$$

De besparing door het plaatsen van een nieuwe verwarmingsinstallatie is schematisch weergegeven in de figuur hieronder.



**Figuur 4.23:** Gasbesparing verwarmingsinstallatie utiliteitsbouw

***Aanbeveling:** De uit gebruik genomen warmtepompen zijn momenteel niet meegenomen in de besparingsberekening. Deze kunnen wel in volgende versie door TNO meegenomen worden om zodoende de netto groei in het aantal warmtepompen per jaar te berekenen. Ervan uitgaande dat een uit gebruik genomen warmtepomp vervangen wordt door een nieuwe warmtepomp kan gerekend worden met de netto-toename. Momenteel is het aandeel uit gebruik genomen warmtepompen nog klein ten opzichte van bijgeplaatst (CBS, 2023b) maar in de toekomst kan dit wel gaan uitmaken.*

### 8a3. Zonne-energie

#### Zonnepanelen

Er is geen aardgasbesparing aangenomen voor zonnepanelen. Er is alleen in beeld gebracht hoeveel zonnepanelen er jaarlijks bij zijn geplaatst.

#### Zonneboilers

De aangenomen gemiddelde gasbesparing door een zonneboiler met een collectoroppervlak van < 6m<sup>2</sup> is 300 m<sup>3</sup> per zonneboiler. Dit is een eigen aanname gedaan voor de gemiddelde besparing voor een utiliteitsgebouw verwarmd met een HR-ketel op aardgas.

Opmerking: uit de CBS data (CBS, 2023c) over 2017 (het laatste zichtjaar waarover aantallen gerapporteerd werden) kan worden afgeleid de 152.938 afgedekte zonnecollectoren < 6m<sup>2</sup> een totale warmteproductie hadden van 820 TJ. Dit komt neer op 5 GJ per collector, wat weer ongeveer neerkomt op een besparing van 200m<sup>3</sup> per installatie. Dit is wel een gemiddelde voor woningen en utiliteit.

## Stap 8b. Energiebesparing woningbouw

Voor woningen wordt de jaarlijkse energiebesparing berekend met het SAWEC model op basis van besparingskentallen per maatregel en per woningtype, uitgangssituatie en eigendomstype. De verkochte m<sup>2</sup>'s en aantallen installaties in de bestaande woningbouw



met onderscheid naar de drie eigendomstypen en uitgangssituaties worden als input gebruikt in de SAWEC modelberekening.

De besparing wordt berekend per maatregel en per sub-sector met behulp van kentallen voor de besparing per maatregel. In de rapportage van SAWEC is meer informatie te vinden over de berekening (Jeeninga & Volkers, 2013).

De functionele warmtevraag wordt procentueel verminderd naarmate het aantal vierkante meters geïsoleerd bouwdeel toeneemt. Hierbij wordt gerekend met verschillende opties met verschillende Rc-waarden die elk tot een andere relatieve besparing leiden. Voor woningen is per woningtype een berekening gemaakt van de besparing voor ruimteverwarmingsinstallatie met het SAWEC model en hangt de besparing af van de woningcategorie (zie stap 5b). Vanuit de besparing op de warmtevraag wordt vervolgens met behulp van de rendementen van de installaties de besparing op de energiedragers berekend.

Voor warmtepompen wordt de energiebesparing met SAWEC berekend per woningcategorie. De besparing hangt af van het verschil tussen het uitgespaarde aardgasverbruik (aardgasketel) minus het extra verbruik van elektriciteit (warmtepomp).

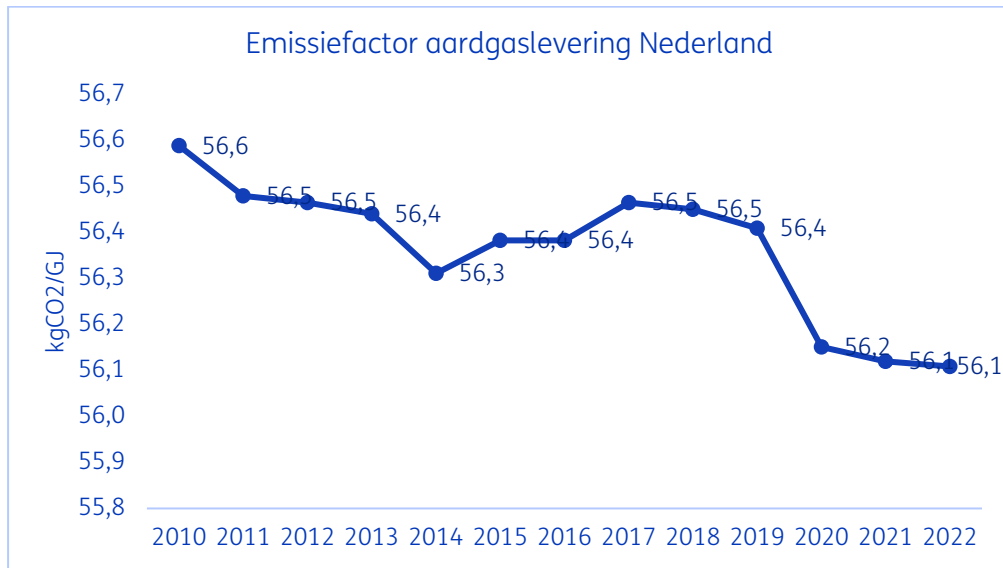
***Aanbeveling:** Voor woningen wordt de besparing door na-isolatie, Hr-ketels, warmtepompen en zonneboilers momenteel berekend met het SAWEC model. PBL en TNO gaan vanaf 2024 voor de KEV het Hestia model gebruiken. Hestia hanteert een nieuwe methode voor de warmtetransmissie van woningen. De besparing zal daardoor veranderen. Hestia vervangt vanaf dit moment het SAWEC model. Het is daarom wenselijk deze wijziging over te nemen in de resultaten vanaf 2024. De besparingen worden dan met Hestia doorgerekend aan de hand van de jaarlijkse verkoopcijfers.*

## Stap 9. Energiebesparing omrekenen naar CO<sub>2</sub>-reductie

De besparing op aardgas wordt omgerekend naar de jaarlijkse CO<sub>2</sub>-reductie. De emissiefactor van aardgaslevering is hiervoor gebruikt, zie figuur 4.24. Voor de berekening van de jaarlijkse CO<sub>2</sub>-reductie voor woningen is daarbij – voor de eenvoud – uitgegaan dat de besparing op het finaal energieverbruik gelijk is aan de besparing op aardgas. Voor de utiliteitsbouw is de besparing uitgedrukt in aardgas-equivalenten.

Groen gas wordt bijgemengd in het aardgasnetwerk. Er is een jaarlijks percentage bijmenging gehanteerd in de Klimaat- en Energieverkenning dat geldt voor levering van gas aan alle sectoren. In 2022 is ongeveer 7 PJ groen gas bijgemengd in het aardgasnet (Volkers, 2023). Ten opzichte van het totale gasverbruik van 994 PJ in 2022, betekent dit dat 0,7% van het gasverbruik uit groen gas bestaat.

Er kan van worden uitgegaan dat dit percentage ook van toepassing is op gaslevering aan de gebouwde omgeving. Er is geen specifieke data over groen gas inzet in de gebouwde omgeving. Door groen gas bijmenging is de emissiefactor van gas niet constant over de jaren. De CO<sub>2</sub>-emissiefactor van gas die is gebruikt om de besparing om te rekenen naar CO<sub>2</sub>-reductie is weergegeven in onderstaande figuur.



Figuur 4.24: Emissiefactor aardgaslevering Nederland (bron: KEV database)

# 5 Decompositie-analyse

## 5.1 Wat is een decompositie analyse?

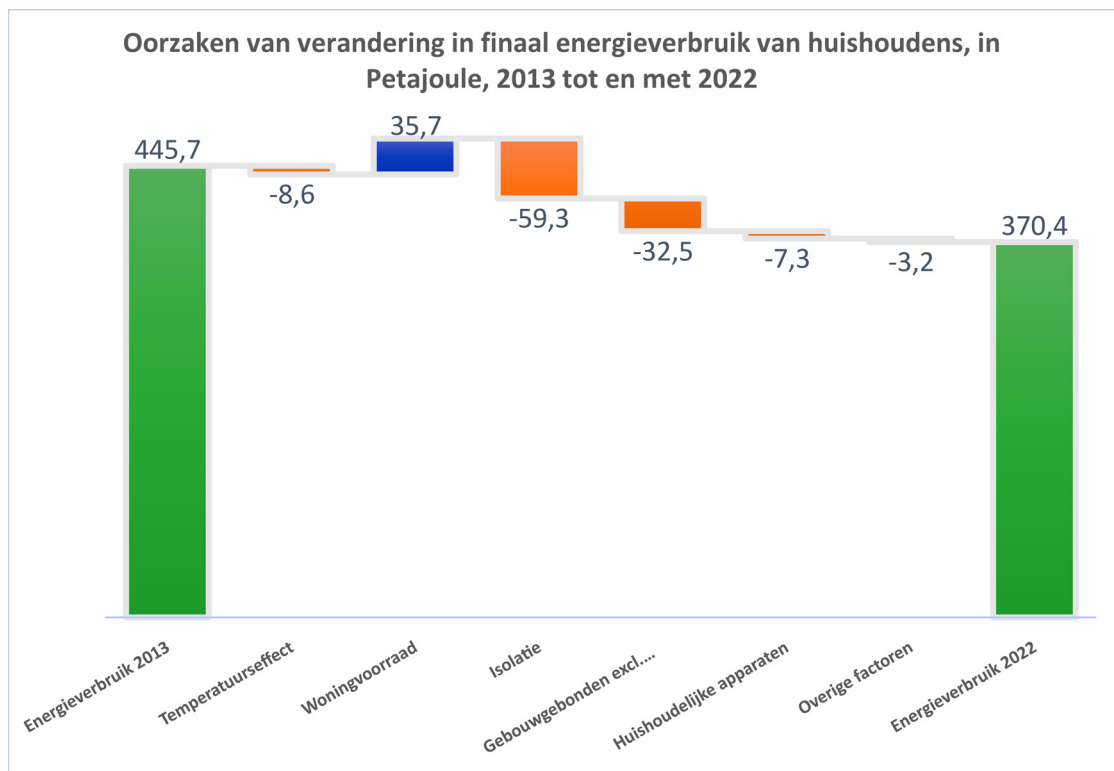
Een decompositie analyse is bedoeld om veranderingen in het energieverbruik over de tijd (tussen twee zichtjaren) toe te wijzen naar de achterliggende oorzaken. In een decompositie analyse wordt doorgaans gekeken naar drie soorten effecten:

- Het volume effect
- Het structuur effect
- Efficiency (besparing) effect.

Deze soorten effecten kunnen vervolgens weer verder worden uitgesplitst en nader gespecificeerd. Voor de RVO monitor is een decompositie gemaakt van het energieverbruik bij huishoudens en diensten tussen 2013 en 2022; een periode van 10 jaar. Er is daarbij gekeken naar verschillende effecten op het energiegebruik zoals die van het klimaat, ontwikkeling van de bouwvoorraad, de energiebesparing en verschuivingen in het energieverbruik per toepassing. De achterliggende berekeningen per type effect worden in volgende paragrafen verder besproken.

## 5.2 Resultaat huishoudens

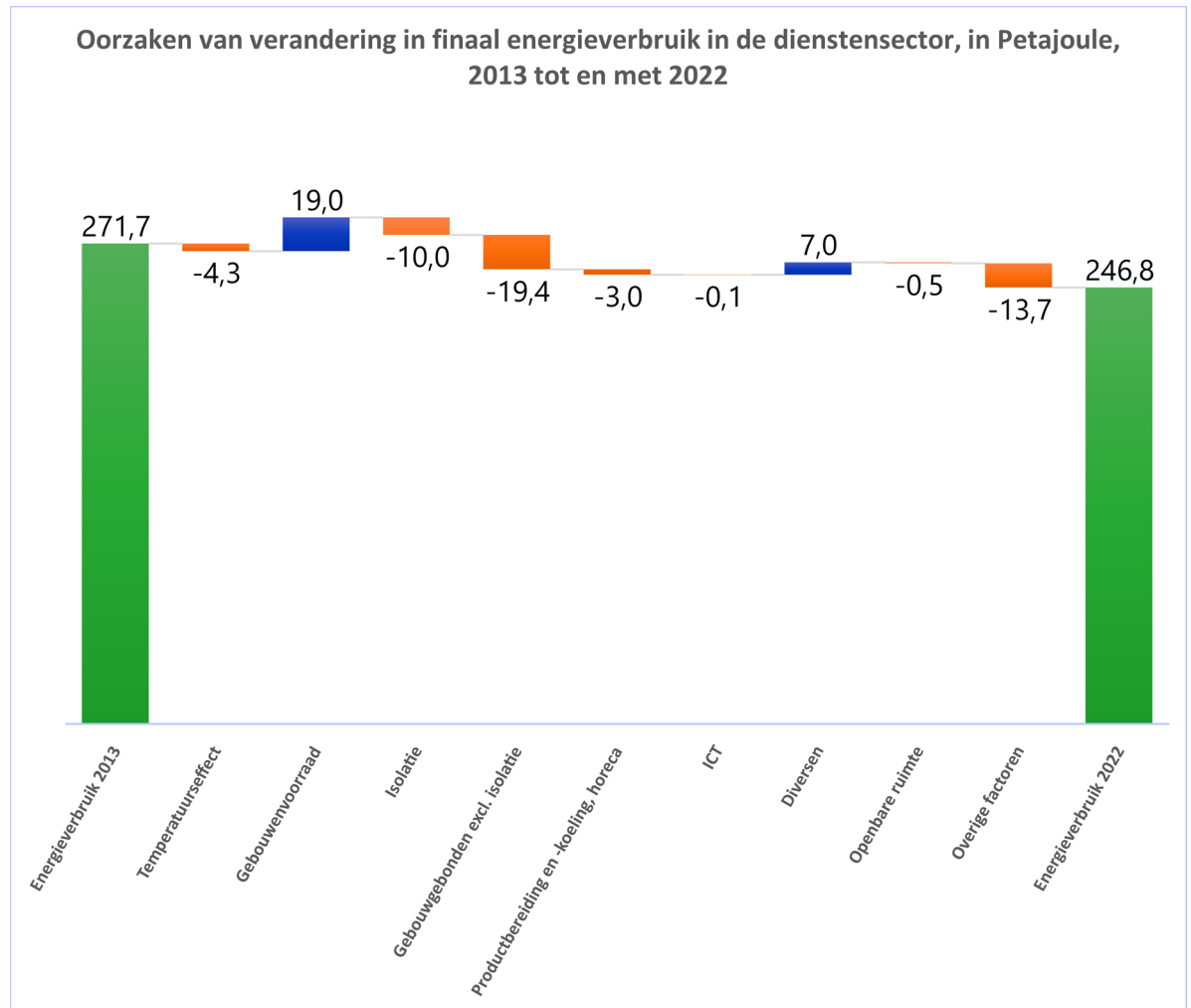
In Figuur 5.1 is het resultaat van de decompositie analyse voor huishoudens weergegeven.



Figuur 5.1: Resultaat decompositie analyse huishoudens

## 5.3 Resultaat diensten

In Figuur 5.2 is het resultaat van de decompositie analyse voor diensten weergegeven.



**Figuur 5.2:** Resultaat decompositie analyse diensten

## 5.4 Beschrijving bronnen

Voor het maken van de decompositie is gebruik gemaakt van gegevens over het finaal energieverbruik en hoe dit is uitgesplitst naar energiefuncties zoals toegelicht in dit rapport. Daarnaast is gebruik gemaakt van de berekende besparing volgende de methode uit dit rapport. Verder zijn CBS cijfers gebruikt over de woningvoorraad (aantal huishoudens en gemiddelde woninggrootte), de gebouwenmatrix utiliteit (CBS, 2023), het aantal graaddagen voor ruimteverwarming (Volkers et al., 2022), en het aantal huishoudelijke apparaten (EVA model).

## 5.5 Scope

De volgende factoren op het energieverbruik zijn geanalyseerd:

- Klimaat effect ruimteverwarming
- Volume effect, in termen van aantal woningen of verandering m<sup>2</sup> vloeroppervlak in de dienstensector
- Gemiddelde woninggrootte (meegenomen onder volume effect woningen)
- Aantal huishoudelijke apparaten
- Energiebesparing door isolatiemaatregelen voor de gebouwschil
- Energiebesparing door gebouwgebonden installatiemaatregelen
- Verschillen in het energieverbruik voor de dienstensector per functie kunnen verder worden verklaard door:
  - besparing door energiezuinige verlichting en verlichtingsregelingen (meegenomen onder gebouwgebonden installaties)
  - besparing op tapwaterverwarming (meegenomen onder gebouwgebonden installaties)
  - toename van ruimtekoeling en ventilatie (meegenomen onder gebouwgebonden installaties)
  - verandering in verbruik productbereiding en -koeling, horeca
  - verandering van het elektriciteitsverbruik ICT-toepassingen/datacenters door intensivering ICT-toepassingen, maar een afname door toegenomen efficiency. Netto is sprake van een lichte daling in het verbruik.
  - verandering in diversen (o.a. transport in de vorm van liften en roltrappen)
  - verandering verbruik in de openbare ruimte
- “Overige factoren” is de sluitpost om uit te komen op het verbruik in het eindjaar.

## 5.6 Bronbewerking

### 5.6.1 Methode voor huishoudens

Tussen de twee zichtjaren zijn de verschillen in verbruik berekend die toe te wijzen naar aan de verschillende factoren.

#### **Klimaat effect**

Het klimaat effect op ruimteverwarming is meegenomen in de vorm van het effect van een procentuele afname in de graaddagen voor ruimteverwarming maal verbruik voor ruimteverwarming in het startjaar van de analyse.

#### **Volume effect**

Geeft het effect van het verschil in het totale aantal woningen aan het begin en eind van de periode. De toename in het energieverbruik is berekend uitgaande van het gem. finale energieverbruik per woning aan het begin van de periode maal het verschil in woningen.  
*Opmerking: Het aantal woningen veranderd door: nieuwbouw, sloop, transformatie en onttrekking. Gekozen is om dit samen te voegen tot één effect.*

#### **Structuur effecten**

Structuur effecten gaan over een verschuiving in activiteitsniveaus binnen deelsectoren van de gehele sector. Bij huishoudens kan het gaan om welke huishoudelijke apparaten gebruikt worden en hoe intensief deze gebruikt worden over de jaren heen. De

activiteitsniveaus worden bepaald door gedrag (voorkeuren). Gekozen is om naar het gebruik van huishoudelijke apparaten te kijken voor de analyse van het structureffect. Gedragsfactoren vallen hier onder “Overig”.

**Aantal huishoudelijke apparaten:** Geeft het effect van het verschil in het aantal apparaten per woning aan het begin en eind van de periode bij gelijkblijvende efficiency. Dit effect is berekend o.b.v. het verschil in aantallen apparaten uit het EVA model (KEV) aan het begin en eind van de periode en het gemiddelde verbruik per apparaat aan het begin van de periode (frozen efficiency). Alle gebouwgebonden apparaten zijn hierin niet meegenomen (dus alle apparaten zijn meegenomen, behalve verwarmingsinstallaties, airco’s, ventilatiesystemen, tapwaterinstallaties, verlichting en kooktoestellen).

**Gemiddelde woninggrootte:** Geeft het effect van het verschil in het gemiddeld aantal m<sup>2</sup> vloeroppervlak per woning aan het begin en eind van de periode. Grotere woningen hebben een relatief hoger verbruik dan kleine woningen. Dit effect is niet apart meegenomen (het maakt onderdeel uit van het volume effect bijvoorbeeld omdat nieuwere woningen groter zijn).

#### **Efficiency effect**

Geeft het effect weer van energiebesparing door bouwtechnische en installatietechnische maatregelen.

Meegenomen voor ruimteverwarming zijn: besparing door isolatie, vervanging ketels en warmtepompen. De resultaten op basis van de methode uit dit rapport zijn hiervoor gebruikt.

De besparing komt elk jaar terug dus cumulatief meegenomen over de periode. De besparing op ruimteverwarming is apart getoond voor isolatie en installatie.

De besparing door efficiency verbetering van huishoudelijke apparaten is apart meegenomen. Dit is afgeleid uit 1. de toename in het energieverbruik door toename aantal apparaten en 2. het gerealiseerde verschil in verbruik van apparaten aan het begin en eind van de periode.

Verder zijn de mutaties (besparingen) in het energieverbruik apart weergegeven voor:

- Verlichting
- Koken
- Warm tapwater
- Hulpverbruik verwarming
- Koeling.

#### **Overig**

Om op het finaal verbruik in het eindjaar uit te komen worden eerst alle individuele effecten opgeteld bij het verbruik in het beginjaar. Er blijft dan nog een verschil over. Dat verschil wordt verklaard door “overige factoren.” Te denken valt aan besparing/ontsparring door aanpassing stookgedrag en ventilatiegedrag van huishoudens.

## 5.6.2 Methode voor dienstensector

Tussen de twee zichtjaren zijn de verschillen in verbruik berekend die toe te wijzen zijn aan de verschillende factoren.

#### **Klimaat effect**

Het klimaat effect op ruimteverwarming is meegenomen in de vorm van het effect van een procentuele afname in de graaddagen voor ruimteverwarming maal verbruik voor ruimteverwarming in het startjaar van de analyse.

### **Volume effect**

Geeft het effect van het verschil in het totale aantal m<sup>2</sup> vloeroppervlak in de dienstensector aan het begin en eind van de periode. Toename in energieverbruik is berekend uitgaande van het gem. finale energieverbruik per m<sup>2</sup> aan het begin van de periode maal het verschil in m<sup>2</sup>'s oppervlak.

*Opmerking: Het vloeroppervlak in de dienstensector verandert door nieuwbouw, sloop, transformatie en onttrekking. Gekozen is om dit samen te nemen als één volume effect.*

### **Structuur effect**

Structuur effecten gaan over een verschuiving in activiteitsniveaus binnen deelsectoren van de gehele sector. De activiteitsniveaus komen tot uiting in de energie-intensiteiten per gebouwtype en de diverse energiefuncties, zie onder. Om dit effect te bepalen zijn de mutaties in verbruik berekend over de beschouwde periode.

### **Efficiency effect**

Geeft het effect weer van energiebesparing door bouwtechnische en installatietechnische maatregelen. De besparingsresultaten uit dit rapport zijn hiervoor gebruikt.

Meegenomen voor ruimteverwarming zijn: besparing door isolatie, vervanging ketels, en warmtepompen.

De besparing komt elk jaar terug dus cumulatief meegenomen over de periode. De besparing op ruimteverwarming is apart getoond voor isolatie en installatie.

Verder zijn mutaties (besparingen) in het energieverbruik meegenomen voor:

- energiezuinige verlichting en verlichtingsregelingen (meegenomen onder gebouwgebonden installaties)
- Tapwaterverwarming (meegenomen onder gebouwgebonden installaties)
- Ruimtekoeling en ventilatie (meegenomen onder gebouwgebonden installaties)
- Productbereiding en -koeling, horeca
- ICT-toepassingen/datacenters, toename door intensivering ICT-toepassingen, maar een afname door toegenomen efficiency. Netto is sprake van een lichte daling in het verbruik.
- Diversen, o.a. transport (liften, roltrappen)
- verandering verbruik in de openbare ruimte.

Besparing door beter inregelen van installaties valt onder “overige factoren”

### **Overig**

Om op het finaal verbruik in het eindjaar uit te komen worden eerst alle individuele effecten opgeteld bij het verbruik in het beginjaar. Er blijft dan nog een verschil over. Dat verschil wordt verklaard door “overige factoren.” Te denken valt aan besparing/ontsparring door inregelen installaties.

# Bronnenlijst

Buildsight (2023). Marktinformatie-isolatiematerialen-isolatieglas-HR-ketel-2010-2022 [Marktinformatie-isolatiematerialen-isolatieglas-HR-ketel-2010-2022.pdf \(rvo.nl\)](#)

CBS (2016) [Afzet afgedekte zonnewarmte systemen, naar sector \(cbs.nl\)](#)

CBS (2019). Hernieuwbare energie in Nederland. Afzet afgedekte zonnewarmte systemen, uitgesplitst naar sector [Hernieuwbare energie in Nederland 2019 \(cbs.nl\)](#)

CBS en TNO (2019). Warmtemonitor 2017 [Warmtemonitor 2017 \(cbs.nl\)](#)

CBS en TNO (2020). Warmtemonitor 2019. [Warmtemonitor 2019 \(cbs.nl\)](#)

CBS (2020) [Gebouwenmatrix 1-1-2014, 1-1-2018, 1-1-2019, 1-1-2020 \(cbs.nl\)](#)

CBS (2023) [Gebouwenmatrix energie 2020 op 1 januari 2020 en 1 januari 2021 \(cbs.nl\)](#)

CBS (2023b). Warmtepompen; aantallen, thermisch vermogen en energiestromen. [StatLine - Warmtepompen; aantallen, thermisch vermogen en energiestromen \(cbs.nl\)](#)

CBS (2023c). Zonnewarmte; aantal installaties, collectoroppervlak en warmteproductie [Zonnewarmte; aantal installaties, collectoroppervlak en warmteproductie \(cbs.nl\)](#)

CBS (2023d) Hernieuwbare energie in Nederland [7. Omgevingsenergie: buitenluchtwarmte en bodemenergie \(cbs.nl\)](#)

ECN en Buildsight (2010). Monitoring Meer met Minder. Uitwerking conceptueel model tot functioneel ontwerp

ECW (2022). Duurzaamheid van bestaande warmtenetten [Duurzaamheid van bestaande warmtenetten | Nationaal Programma Lokale Warmtetransitie \(nplw.nl\)](#)

I&O research (2023). Energiebesparende maatregelen & aardgasvrij. RVO. Beschikbaar via: [www.rvo.nl/energiecijfers](#)

Jeeninga, H. & Volkers, C.H. (2003). Ontwikkeling van SAWEC. ECN. [Ontwikkeling van SAWEC. Een Simulatie en Analyse model voor verklaring en voorspelling van het Woninggebonden Energieverbruik en CO2-emissie \(tno.nl\)](#)

Meijer en Verweij (2009). Energieverbruik per functie voor SenterNovem [Meijer Energie- & Milieumanagement](#)

Panteia (2023). Renovaties in de Utiliteit Onderzoeksverantwoording meting 2022. Zoetermeer. Beschikbaar via: [www.rvo.nl/energiecijfers](#)

RVO (2023). Duurzaamheidsrapportage warmtenetten 2022 [Rapporteer over de duurzaamheid van uw warmtenet \(rvo.nl\)](#)



Sipma (2023). Verrijkte BAG ter ondersteuning van lokale energetische vraagstukken [Verrijkte BAG ter ondersteuning van lokale energetische vraagstukken \(energy.nl\)](#)

TNO (2022). Het besparingspotentieel bij bedrijfshallen in de dienstensector. [Het besparingspotentieel bij bedrijfshallen in de dienstensector \(rvo.nl\)](#)

Tigchelaar, C. (2013). Methodiek voor opsplitsing CBS statistiek huishoudelijk gas- en elektriciteitsverbruik. ECN. [Methodiek voor opsplitsing CBS-statistiek huishoudelijk gas- en elektriciteitsverbruik en historisch trends \(tno.nl\)](#)

Volkers C., P. Vethman, M. van Bruggen (2022), Herziening klimaatcorrectie voor ruimteverwarming, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving. [Herziening weerscorrectie voor ruimteverwarming \(pbl.nl\)](#)

Volkers, 2023. Persoonlijke communicatie met Cees Volkers (PBL), 14 december 2023.

WoON (2018). WoON 2018 onderzoek Energiemodule, [www.woononderzoek.nl](#)

Energy & Materials Transition

Radarweg 60  
1043 NT Amsterdam  
[www.tno.nl](http://www.tno.nl)

**TNO** innovation  
for life