

Radarweg 60  
1043 NT Amsterdam

[www.tno.nl](http://www.tno.nl)

E: [vera.rovers@tno.nl](mailto:vera.rovers@tno.nl)

M: +31 (0)61 183 25 41

**TNO-rapport**

**TNO 2021 M11705**

**Energievraag van ruimtekoeling in woningen**

Datum: 21 september 2021

Auteur(s): Vera Rovers, Pieter Loonen, Robin Niessink

Review: Marijke Menkveld, Peter Reffeltrath

Alle rechten voorbehouden.

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

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2021 TNO

# Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding .....</b>	<b>3</b>
1.1	Aanleiding .....	3
1.2	Doel en vraagstelling .....	3
<b>2</b>	<b>Koelsystemen .....</b>	<b>5</b>
2.1	Airconditioners / lucht-lucht warmtepomp .....	5
2.2	Lucht-water warmtepompen .....	7
2.3	Bodemkoude.....	7
2.4	Koudenetten .....	8
2.5	Adiabatische koeling.....	8
<b>3</b>	<b>Energiegebruik van koelinstallaties .....</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>Bewonersgedrag.....</b>	<b>11</b>
<b>5</b>	<b>Energievraag voor koeling .....</b>	<b>13</b>
5.1	Huidige energievraag voor koeling .....	13
5.2	Toekomstige ontwikkeling .....	15
<b>6</b>	<b>Conclusies en vervolgonderzoek .....</b>	<b>16</b>
	<b>Referenties .....</b>	<b>18</b>

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

In Nederland is ruimtekoeling in woningen niet gebruikelijk. Het risico op warmtebelasting van mensen binnenshuis zal echter toenemen door klimaatverandering en een toenemende isolatiegraad van woningen. Indien een stijgende binnentemperatuur niet wordt voorkomen, bijvoorbeeld met nachtventilatie of zonwering, neemt de koelbehoefte toe. Die koelbehoefte zou op verschillende manieren kunnen worden ingevuld, waaronder door de inzet van airco's en warmtepompen. Dit leidt tot extra elektriciteitsverbruik en CO<sub>2</sub> emissies. De piekbelasting voor koeling op warme dagen kan daarnaast capaciteitsproblemen opleveren voor het elektriciteitsnet. Het afgelopen jaar meldde Essent dat het elektriciteitsverbruik tijdens een hittegolf 30% hoger ligt dan normaal (Essent, 2020).

Het IPCC schat dat de wereldwijde koelvraag van woningen van 300 TWh in 2000 zal toenemen naar 4.000 TWh in 2050 (Arent, et al., 2014). Het International Energy Agency (IEA) verwacht dat het energiegebruik voor ruimtekoeling zal verdrievoudigen tussen nu en 2050. In besluitvorming over verduurzamingsstrategieën in de gebouwde omgeving is het dan ook belangrijk om een goed beeld te hebben van de te verwachte koudevraag, maar koeling krijgt vooralsnog weinig aandacht in de energietransitie. De IEA stelt dan ook dat "koeling een kritieke blinde vlek is in het klimaatdebat" (IEA, 2018).

Om deze reden heeft TKI Urban Energy een 'Ronde tafel overleg' over de energievraag voor ruimtekoeling opgezet met deelnemers vanuit CBS, TNO, Klimaatverbond, KNMI, RVO, PBL, BZK en EZK. Een van de hoofdconclusies van de Ronde tafel is dat het aspect koeling bij woningen in de huidige energiemodellen voor de gebouwde omgeving verbeterd moet worden en dat er aanvullend onderzoek nodig is naar de vraag naar koeling in woningen én het energiegebruik van koelinstallaties.

## 1.2 Doel en vraagstelling

Het 'Ronde tafel overleg' was aanleiding voor TNO om een onderzoek te starten naar het huidige en toekomstige energiegebruik voor ruimtekoeling in woningen. De eerste stap in het onderzoek is om inzicht te krijgen in de benadering van koeling in bestaande studies en modellen. In deze notitie delen we de inzichten uit literatuuronderzoek naar de volgende vragen:

- 1 Wat is het huidige energiegebruik voor ruimtekoeling in woningen?
- 2 Welke informatie is hierover beschikbaar en welke aannames worden gehanteerd?
- 3 Wat zijn de kennishiaten om een inschatting te geven van het (huidige en toekomstige) energiegebruik voor ruimtekoeling in woningen?

Om de huidige energievraag te kunnen bepalen zijn twee hoofdzaken van belang, die leidend zijn voor de opzet van de notitie:

- Welke systemen zijn er om te koelen en in hoeverre worden deze toegepast? (Hoofdstuk 2)
- Wat is het energiegebruik van deze systemen, afhankelijk van:
  - de technische specificaties (Hoofdstuk 3);
  - bewonersgedrag (Hoofdstuk 4)?

Diverse studies en modellen hebben op basis van deze informatie het totale energiegebruik voor koeling in woningen bepaald en deze worden beschreven in Hoofdstuk 5. De notitie sluit af met de conclusies en met kennisvragen voor vervolgonderzoek (Hoofdstuk 6).

Bij het opstellen van deze notitie ontdekten wij dat veel kennis nog ontbreekt. Voor nieuwe informatie(bronnen) houden wij ons dan ook van harte aanbevolen.

#### **Verschil tussen de koudevraag en de energievraag voor koeling**

Met de koudevraag wordt de functionele vraag naar koeling bedoeld. Deze vraag ontstaat op het moment dat de temperatuur in huis boven een gewenste temperatuur uit komt. Deze temperatuur is afhankelijk van de voorkeuren van de bewoner(s) en kan variëren bij verschillende activiteiten (slapen, werken, koken, etc.). Hoe snel en in hoeverre de woning opwarmt is afhankelijk van gebouwkenmerken (bijvoorbeeld isolatieniveau, raamoppervlak), gedrag (zoals gebruik van zonwering en ventilatie) en het klimaat.

De koudevraag kan worden ingevuld met een koelsysteem, zoals een airconditioner, zodat de woning niet boven de gewenste temperatuur uitkomt. Hoeveel energie het kost om de woning te koelen is afhankelijk van het systeem en van het gebruik door de bewoner(s).

## 2 Koelsystemen

Er zijn verschillende koelsystemen die de koudevraag in woningen in kunnen vullen. Onder koelsystemen verstaan we in deze notitie systemen die de binnenlucht koelen. Een ventilator is bijvoorbeeld geen koelsysteem; deze biedt wel verkoeling vanwege de luchtstroming, maar koelt de lucht feitelijk niet. Naast airco's die de lucht direct koelen, zijn er koelsystemen die koel water door de woning leiden (lucht-water warmtepompen, bodemkoude en koudenetten) of door middel van verdamping de lucht koelen. In de paragrafen hieronder worden deze systemen beschreven en wordt voor elk van deze systemen uiteengezet wat er bekend is over de aanwezigheid.

### 2.1 Airconditioners / lucht-lucht warmtepomp

Airconditioners zijn compressiekoelmachines die elektriciteit gebruiken om warmte van binnen naar buiten te verplaatsen. Een lucht-lucht warmtepomp die gebruikt wordt om te verwarmen is feitelijk een omgekeerde airco. Lucht-lucht warmtepompen worden echter hoofdzakelijk gebruikt voor koeling en worden in het vervolg ook 'airconditioners' genoemd. Een belangrijk onderscheid is te maken tussen vaste airco's en mobiele airco's. Bij vaste airco's is een binnen- en buitenunit geïnstalleerd (split-unit) en deze kunnen voor zowel voor één als meerder ruimtes worden gebruikt. Mobiele airco's zijn verplaatsbaar en worden vaak voor één kleinere ruimte gebruikt. Door middel van een slang wordt de warme lucht naar buiten geblazen. Wanneer de slang niet kierdicht is afgesloten, de slang hangt bijvoorbeeld door een open raam, komt warme lucht naar binnen. Ook als de slang wel goed is afgedicht, heeft een mobiele airco het nadeel dat door aanzuiging van lucht uit de woning een onderdruk ontstaat, waardoor er warme buitenlucht naar binnen komt.

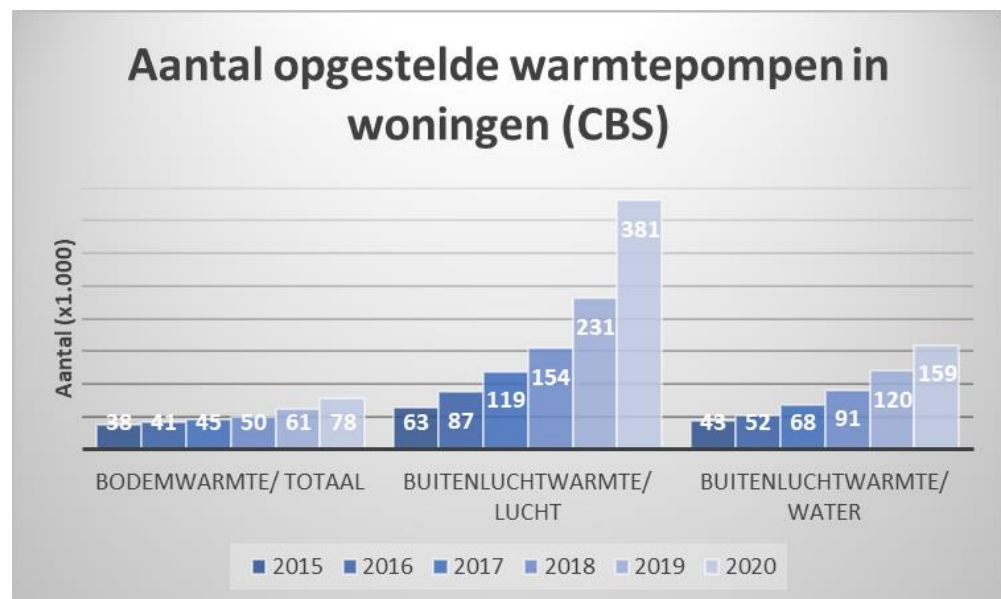
Het precieze aantal airconditioning installaties in Nederland is niet bekend, maar diverse bronnen geven een schatting. In het WoON onderzoek is een grote database met technische en sociaaleconomische gegevens van woningen opgebouwd met informatie verzameld uit inspecties en enquêtes onder een grote representatieve steekproef (ong. 4.500 in 2018) van woning-eigenaren en huurders (Woononderzoek, 2018). Het totale aantal airco's in Nederland is in te schatten op basis van een gewogen extrapolatie van WoON onderzoeksdata naar de gehele woningvoorraad. Volgens een gewogen extrapolatie van de WoON data hadden in 2018 ongeveer 457.000 huishoudens een airco (vast of mobiel), dat is zo'n 6% van de bewoonde woningen<sup>1</sup>.

Het CBS verzamelt voor de hernieuwbare energiestatistiek cijfers over het aantal lucht-lucht warmtepompen in woningen en komt in 2020 op 380.800, dat is 5% van de bewoonde woningen. Een lucht-lucht warmtepomp is een airco die vooral voor koeling wordt geïnstalleerd maar ook voor verwarming kan worden gebruikt. Zoals te zien is in Figuur 2-1 neemt dit aantal de laatste jaren sterk toe, sterker dan bij lucht-water en bodemwarmtepompen. De stijging in lucht-luchtwarmtepompen wordt ook bevestigd door het Vakblad Warmtepompen (Vakblad Warmtepompen, 2019). In 2018 was het aantal lucht-lucht warmtepompen op basis van CBS data nog maar 154.000, zo'n 2% van de bewoonde woningen.

---

<sup>1</sup> Op basis van 7,4 miljoen bewoonde woningen in 2018:  
<https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/82900NED/table?fromstatweb>

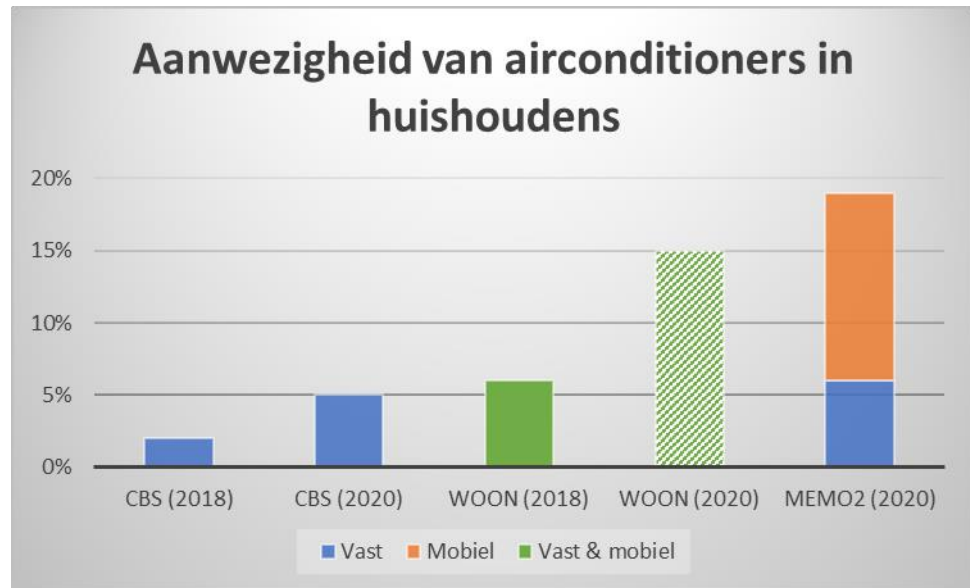
Deze cijfers baseert het CBS op basis van de informatie die zij ontvangen van Vereniging Warmtepompen (60% van de gegevens) en een enquête onder de leveranciers die geen lid zijn van de branchevereniging (40% van de gegevens) (CBS StatLine, 2020). De Vereniging Warmtepompen rapporteert echter geen mobiele airco's, in de vragenlijst van CBS is geen expliciet onderscheid gemaakt naar vaste en mobiele airco's. Het is onbekend in hoeverre mobiele airco's zijn meegenomen in de CBS cijfers, maar we kunnen aannemen dat het hoofdzakelijk vaste airco's betreft. Het verschil in het aantal airco's in 2018 tussen het CBS en WoON2018 is daarom mogelijk te verklaren door het ontbreken van mobiele airco's. Dit zou betekenen dat er in 2018 zo'n 300 duizend mobiele airco's waren en zo'n tweederde van de airco's in huishoudens een mobiele airco is.



Figuur 2-1 Het aantal geïnstalleerde warmtepompen per type volgens CBS (CBS StatLine, 2020)

In de Klimaat- en energieverkenning (KEV) wordt het aantal vaste airco's meegenomen via het SAWEC model (PBL, 2019a) op basis van de CBS cijfers. Het aantal mobiele airco's wordt geraamd via het EVA model (PBL, 2019b) dat zich baseert op de WoON cijfers waarbij is aangenomen dat 75% van de airco's in WoON2018 mobiele airco's zijn.

Onderzoeks- en consultingbureau MeMo<sup>2</sup> heeft in opdracht van Essent in 2020 onder 1.400 Nederlanders onderzoek gedaan naar de maatregelen die Nederlanders nemen voor verkoeling. Uit dit onderzoek komt dat 13% van de huishoudens een mobiele airco heeft en 6% een vaste airconditioner (MeMo<sup>2</sup>, 2020). De aanwezigheid van een airco ligt hoger bij woningeigenaren (24%) dan bij huurders (16%). Dit lijkt stukken hoger te liggen dan de cijfers van het CBS en WoON2018, maar als we de stijging in vaste airco's zoals bekend uit de CBS cijfers tussen 2018 en 2020, een factor 2,5, toepassen op WoON2018 data, dan zou het aandeel huishoudens met een airco (vast of mobiel) in 2020 ook al uitkomen op 15%.



Figuur 2-2 Een overzicht van de aanwezigheid van airconditioners in huishoudens volgens verschillende bronnen. De gearceerde balk bij WoON (2020) is een vermenigvuldiging van het aantal airconditioners in WoON 2018 met 2,5, de factor waarmee het aantal vaste airco's volgens de CBS cijfers is toegenomen tussen 2018 en 2020.

## 2.2 Lucht-water warmtepompen

In tegenstelling tot lucht-lucht warmtepompen, worden lucht-water warmtepompen doorgaans vooral gebruikt voor verwarming. Lucht-water warmtepompen onttrekken dan warmte aan de buitenlucht en geven die af aan het water in het verwarmingscircuit dat vervolgens de energie weer afgeeft aan de woning via het warmteafgiftesysteem (bv. LT-radiatoren of vloerverwarming). Deze installaties kunnen ook koelen. Om dit mogelijk te maken onttrekt de lucht-water warmtepomp warmte aan de woning en verwijdert deze via de buitenunit (compressor) naar buiten. Hoeveel lucht-water warmtepompen ook gebruikt worden voor koeling is niet bekend. Een laag temperatuurafgiftesysteem met water als warmteoverdrachtsmedium is niet altijd geschikt om te koelen vanwege mogelijke condensvorming.

Net als voor het aantal lucht-lucht warmtepompen is in Figuur 2-1 te zien dat ook het aantal lucht-water warmtepompen de laatste jaren is toegenomen. Aan het eind van 2020 waren er in Nederlandse woningen 159.000 lucht-water warmtepompen aanwezig.

## 2.3 Bodemkoude

Een andere optie om te koelen is door middel van koude uit de bodem. 's Winters kan bodemwarmte worden benut om de woning efficiënt te verwarmen met een warmtepomp in combinatie met een laag temperatuurafgiftesysteem. In de zomer kan de temperatuur van het grondwater en de ondiepe bodem de woning koelen. Voor koeling is vaak alleen de circulatiepomp nodig, niet de compressor van de warmtepomp. Ook hier geldt (net als bij luchtwarmtepompen) dat het koudeafgiftesysteem geschikt moet zijn voor koeling. Figuur 2-1 geeft het aantal warmtepompen op bodemwarmte volgens het CBS. Eind 2020 waren er in Nederlandse woningen ca. 62.000 warmtepompen met een bodemwarmtewisselaar en ca. 16.000 warmtepompen met grondwater als bron aanwezig.

## 2.4 Koudenetten

Naast koelinstallaties voor individuele woningen bestaan er ook collectieve voorziening voor koeling. Grote warmteleveranciers in Nederland leveren soms niet alleen warmte, maar op relatief beperkte schaal ook koude met koudenetten. Bijvoorbeeld in Amsterdam-Zuid en -Zuidoost worden kantoren, woningen en andere gebouwen, waaronder het AMC, gekoeld met water uit de nabijgelegen meren. Binnen monitoringsafspraken in Europa is er sprake van een koudenet als er distributie plaatsvindt van een gekoelde vloeistof vanuit een centraal (productie)punt door een leidingnet voor meerdere gebouwen, ten behoeve van het koelen van ruimtes. De koude kan bijvoorbeeld afkomstig zijn van een WKO, oppervlaktewater (aquathermie) of een koelinstallatie. Koudenetten worden momenteel echter vooral toegepast in utiliteitsbouw, voor woningen worden koudenetten in Nederland nauwelijks toegepast (CBS en TNO, 2019). Een paar voorbeelden waarin dit wel gebeurt zijn<sup>2</sup>: 1) 111 appartementen in het Maankwartier van Heerlen die via het warmtebedrijf Mijnwater worden gekoeld<sup>3</sup>: 2) In Groningen voorziet Eteck twee woontorens van warmte en koude via aquathermie vanuit het naastliggende kanaal<sup>4</sup>: 3) Eteck verwarmt ook twee woontorens (1.439 appartementen) in Den Haag vanuit WKO bronnen.

## 2.5 Adiabatische koeling

Een andere manier van koelen is adiabatische koeling, of verdampingskoeling. Om water te verdampen is energie nodig waardoor de temperatuur van de lucht daalt, zoals verdamping van zweet het lichaam afkoelt. In hoeverre deze manier van koeling wordt toegepast en geschikt is voor woningen in Nederland is niet bekend.

---

<sup>2</sup> Deze voorbeelden bieden geen volledig overzicht

<sup>3</sup> <https://mijnwater.com/projecten/centrumplan-maankwartier>

<sup>4</sup> <https://www.eteck.nl/>



### 3 Energiegebruik van koelinstallaties

Het elektriciteitsverbruik van airconditioners en koelende warmtepompen is niet alleen afhankelijk van de buitentemperatuur, maar ook van zoninstraling, ventilatie, warmteproductie van apparaten en mensen, en het koelgedrag van mensen zelf. Ook het gebruik van de koelinstallatie in de voorgaande dagen bepaalt de binnentemperatuur en beïnvloedt daarmee de prestatie (Coefficient of Performance, 'COP') van de installatie.

In het SAWEC model dat voor de Klimaat- en Energieverkenning (KEV) 2021 wordt gebruikt (PBL, 2019a), wordt met de cijfers van het CBS over het vermogen van lucht-luchtwarmtepompen een vermogen van 1,9 kW<sub>elektrisch</sub> berekend voor de vaste airco's. Daarbij wordt verondersteld wordt dat een vaste airco 40 dagen in gebruik is gedurende 8 uur (een gebruiksduur van 320 uur) (VHK, 2008). Het elektriciteitsverbruik van een vaste airco komt dan op 608 kWh per jaar. Mobiele airco's worden minder gebruikt, 23 dagen gedurende 8 uur (een gebruiksduur van 184 uur). Daarnaast draaien ze een aantal uren in standby modus (VHK, 2008). Op basis van deze gebruiksuren maakt het EVA model een schatting van het jaarlijkse energiegebruik van een mobiele airco van 64 kWh per jaar bij een vermogen van 350W<sub>elektrisch</sub>, volgens de efficiëntienorm van Ecodesign.

W/E adviseurs heeft in 2018 in opdracht van RVO onderzoek gedaan naar de koude vraag van woningen. Zij geven aan dat geen actuele kentallen gevonden zijn voor het gemiddelde gebruik van airco's. Cijfers uit literatuuronderzoek lopen uiteen van 150 kWh tot 850 kWh per jaar waarbij geen duidelijk onderscheid tussen mobiele en vaste airco's kon worden gemaakt. Het gemiddelde uit die range is 400 kWh elektriciteit per jaar. Uit berekeningen gebaseerd op de RVO-voorbeeldwoningen die zijn ontworpen op de voorgenomen BENG-eisen komt een gemiddelde koudevraag van grofweg 430 kWh/jaar. Bij een airco met COP = 3 komt W/E op een elektriciteitsgebruik van zo'n 150 kWh/jaar (W/E adviseurs, 2018).

De Consumentengids (Consumentenbond, 2021) geeft aan dat het gemiddelde energiegebruik van een split airco in hun test 0,75 kW per uur is. Ervan uitgaande dat de airco wordt gebruikt als het buiten minstens 25 °C is en deze dan 8 uur aan staat, zou het gebruik in de zomer van 2020 met 39 dagen boven de 25 °C 234 kWh zijn.

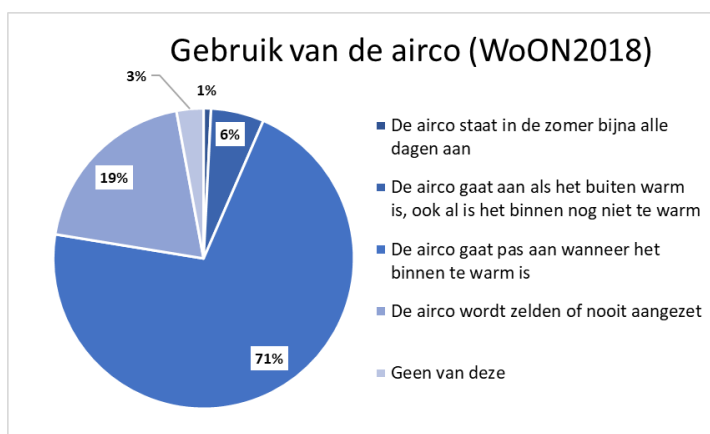
Tabel 3-1 Aannames uit verschillende bronnen over het energiegebruik van airconditioners (kWh/jaar).

	Vaste airco	Mobiele airco	Airco (ongedefinieerd)
<b>EVA</b> (obv VHK en Ecodesign)		64	
<b>SAWEC</b> (obv VHK en CBS)	608		
<b>W/E</b> : gemiddeld uit literatuur			400
<b>W/E</b> : EPG berekening nieuwbouw			150
<b>Consumentenbond</b>	234		

Bij koeling d.m.v. bodemenergie in woningen is het energiegebruik gering, omdat het alleen de koude rondpompt zonder dat er actief gekoeld hoeft te worden. Of er voor de koude in een koudenet energie nodig is (naast reguliere circulatie- of bronpompen) is afhankelijk van het type net. Het Mijwaterproject in Heerlen gebruikt bijvoorbeeld water-water warmtepompen.

## 4 Bewonersgedrag

De manier waarop bewoners de gebruiken bepaalt in belangrijke mate het energiegebruik voor koeling. Vooralnog geeft alleen het WoON onderzoek uit 2018 hier informatie over. Het onderzoek heeft de respondenten met een airco gevraagd hoe zij deze gebruiken (Figuur 4-1). Ruim 70% geeft aan dat zij de airco alleen aan zetten als het binnen te warm is, tegen 6% die de airco ook aanzet als het binnen nog niet zo warm is. 1% heeft de airco bijna altijd aan staan in de zomer tegenover 19% die de airco bijna nooit aan heeft staan.



Figuur 4-1 Respons uit de enquête van het WoON2018 onderzoek

Belangrijke informatie betreft ook het type en aantal ruimtes dat gekoeld wordt, wat ook iets zegt over het moment op de dag waarop de installatie aan staat. Een interessante ontwikkeling daarbij komt naar voren in een interview van ST/Warmte met de NOS waar het installatiebedrijf aangeeft dat mensen nu naast de hoofdslaapkamer ook overwegen een airco te laten installeren in andere kamers, zoals de slaapkamer van de kinderen, de werkkamer en soms ook de woonkamer<sup>5</sup>.

Een indicatie voor het gebruik van koelsystemen is de beleving van hitte in huis. De Hogeschool van Amsterdam heeft in 2019 en 2020 onderzoek gedaan naar de koelbehoefte in 11 woningen (HvA, 2020a) (Caverzam Barbosa, Kluck, & de Groot, 2020). Het is daarmee geen representatief onderzoek, maar het biedt wel een eerste inzicht in de koelbehoefte. Uit de resultaten uit 2019 blijkt dat er een kleine behoefte onder de deelnemers was om te koelen. Hoge temperaturen in huis bleken veelal geaccepteerd te worden en niet als een probleem te worden ervaren. In 2020 gaf echter het merendeel van de deelnemers aan de temperatuur in huis tijdens een hittegolf wel als hinderlijk te ervaren. Uit de monitoring van Nul-Op-de-Meter woningen bleek dat 23-44% van de inwoners het te warm vindt in de zomer (Energiesprong, 2015).

Een belangrijk aspect is ook in hoeverre mensen opwarming van de woning voorkomen. Uit het onderzoek van MeMo<sup>2</sup> blijkt bijvoorbeeld dat 76% van de Nederlanders een zonnescherm, rolluik of gordijn gebruikt om te zon tegen te houden en 62% houdt de ramen en deuren dicht om de warmte buiten te houden (MeMo2, 2020).

<sup>5</sup> <https://amp.nos.nl/artikel/2385181-drukte-bij-plaatsing-airco-sommige-klanten-moeten-wachten-tot-na-de-zomer.html>

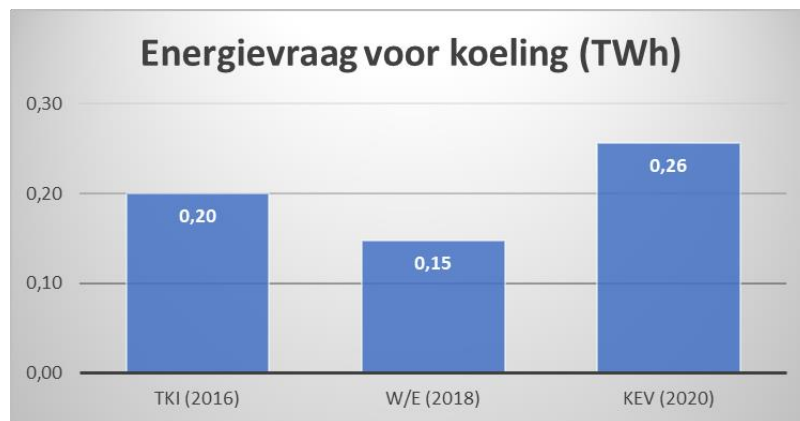
Tot slot is het relevant om te weten in hoeverre huishoudens, die nog geen koelinstallatie hebben, overwegen in de nabije toekomst een koelinstallatie aan te schaffen. Bij het onderzoek van de HvA in 2019 dacht de helft van de deelnemende woningen in de toekomst wel gebruik te gaan maken van een koelinstallatie. In het Memo<sup>2</sup> onderzoek geeft 15% van de respondenten aan de aanschaf van een airco te overwegen. Tweederde daarvan is geïnteresseerd in een mobiele airco en eenderde in een vaste airco. Huurders overwegen daarbij voornamelijk een mobiele airco, bij woningeigenaren is het ongeveer gelijk verdeeld. Verder heeft ruim de helft van de respondenten geen interesse in een airco. De belangrijkste redenen dat men geen airco overweegt is het hoge energiegebruik, de kosten en het feit dat het niet nodig is om de woning te koelen.

Kennis over het gebruik van een koelinstallatie door bewoners is erg beperkt. De informatie uit dit hoofdstuk wordt nog niet meegenomen in schattingen van de energievraag voor koeling in woningen (zie hoofdstuk 5).

## 5 Energievraag voor koeling

### 5.1 Huidige energievraag voor koeling

In een aantal studies wordt de energievraag berekend op basis van schattingen van het aantal airconditioners in een bepaald jaar vermenigvuldigd met een geschat gemiddeld energiegebruik van de airco. Zoals te zien in Figuur 5-1 en Tabel 5-1 varieert de schatting van de huidige elektriciteitsvraag voor koeling tussen de 0,15 in een studie van W/E en 0,26 TWh in de meest recente KEV studie (2021). De KEV 2021 gaat voor mobiele airco's nog uit van een zeer beperkte groei tussen 2018 en 2020. Als we de aanname toepassen dat ook mobiele airco's met een factor 2,5 zijn toegenomen dan zou het energiegebruik uitkomen op 0,29 TWh. Dit is relatief weinig ten opzichte van het totale energiegebruik voor ruimteverwarming van woningen (70 TWh) (CBS & TNO, 2020). Als we deze elektriciteitsvraag voor koeling omzetten naar een koudevraag met de aanname voor het gemiddelde rendement van airconditioners van 300% (COP = 3)<sup>6</sup> dan ligt de koudevraag tussen de 0,4 en 0,8 TWh.



Figuur 5-1 Schattingen van de energievraag voor ruimtekoeling in woningen op basis van het aantal airco's. De jaartallen tussen haakjes zijn de jaartallen waarop de studies zich baseren voor het aantal airco's

Tabel 5-1 Schattingen van de energievraag voor ruimtekoeling in woningen op basis van het aantal airco's

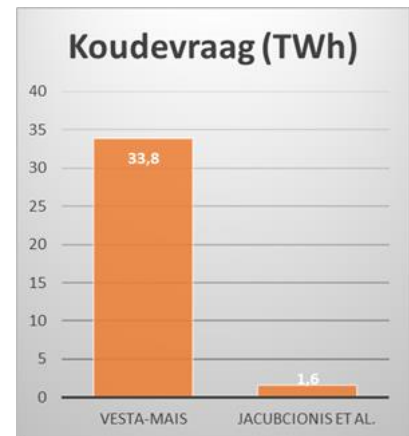
Referentie	Aanwezigheid airco's	Zichtjaar	Bron	Energiegebruik per installatie (kWh/jaar)	Bron	Energiegebruik totaal (TWh/jaar)
<b>TKI UE</b>	1%	2016	CBS 2016, NEV 2017	onbekend	onbekend	<b>0,2</b>
<b>W/E</b>	5%	2018	Obv Kempen 2000	400	Literatuurstudie	<b>0,15</b>
<b>KEV:</b>						<b>0,26</b>
Vast (SAWEC)	5%	2020	CBS 2020	608	CBS, VHK	0,23
Mobiel (EVA)	5%	2020	WoON2018	64	EcoDesignVHK	0,03

<sup>6</sup> Diverse bronnen hanteren een verschillend rendement: de KEV 260%, de NTA8800 300%, Vesta-MAIS 350% en W/E 360%. We zijn voor deze berekening ongeveer in het midden gaan zitten en houden 300% aan.

**Toelichting bij Figuur 5-1 en Tabel 5-1:**

- De TKI Urban Energy factsheet (TKI-UE, sd) baseert de schatting op data tot en met 2016 van het CBS en komt op een huidige elektriciteitsvraag voor ruimteteoeling in woningen van 0,2 TWh.
- W/E adviseurs (W/E adviseurs, 2018) hanteert een schatting van de penetratiegraad van airco's in Nederland van 5%. Met een geschat energieverbruik van 400 kWh per jaar per airco komt dat voor heel Nederland uit op ongeveer 0,15 TWh.
- De KEV 2021 berekent het elektriciteitsgebruik van airco's met het SAWEC model (vaste airco's) en het EVA model (mobiele airco's). Op basis van aannames over aantal (zie 'airconditioners'), vermogen en gebruiksduur (zie 'energiegebruik') komt het SAWEC model in 2021 op een energievraag van 0,23 TWh en het EVA model op 0,03 TWh. Daarbij baseert het SAWEC model zich op CBS cijfers van vaste airco's in 2020 en het EVA model op cijfers van mobiele airco's uit WoON 2018 met een aanname voor zeer beperkte stijging voor 2020.

De bovenstaande koudevraag is alleen gebaseerd op een schatting van het aantal airco's en een energiegebruik per airco. De werkelijke koudevraag van de woningvoorraad is echter veel groter, enerzijds doordat de koudevraag niet wordt ingevuld met een koelsysteem (dit betekent dus dat de woning te warm wordt) en anderzijds doordat ook andere koelsystemen dan airco's kunnen worden gebruikt, zoals een bodemkoude. In het Vesta MAIS model wordt de totale koudevraag van woningen gemodelleerd. Vesta MAIS neemt de aannames van W/E adviseurs voor de functionele koudevraag per m<sup>2</sup> als uitgangspunt (W/E adviseurs, 2018) en berekent vervolgens per woning de functionele koudevraag op basis van woningkenmerken en de buitentemperatuur op regionaal niveau. Bij een huidige gemiddelde koudevraag van 3,6 kWh/m<sup>2</sup> vloeroppervlak (CE-Delft, 2019) en in totaal 939 miljoen m<sup>2</sup> woningoppervlak in Nederland<sup>7</sup> komt de totale functionele koudevraag uit op 33,8 TWh (aangegeven in Figuur 5-2). Als deze koudevraag volledig zou worden ingevuld met airco's met een rendement van 300%, zou het elektriciteitsverbruik uitkomen op zo'n 11 TWh, ongeveer 15% van de huidige energievraag voor verwarming en bijna 50% van de huidige elektriciteitsvraag voor woningen.



Figuur 5-2 De koudevraag zoals berekend door twee studies (let op het verschil in de schaal van de y-as ten opzichte van Figuur 5-1).

Het Vesta MAIS model biedt ook de mogelijkheid om de gerelateerde energievraag te berekenen, maar vanwege het ontbreken van goede aannames geeft het model geen indicatie van het elektriciteitsverbruik voor koeling.

De TKI factsheet over koeling (TKI, 2016) refereert verder aan een studie door Jakubcionis & Carlsson (2017). Deze studie heeft op basis van Amerikaanse data een correlatie berekend tussen het aantal koelgraaddagen en de koudevraag. Door deze correlatie toe te passen op het gemiddelde aantal koelgraaddagen in Nederland tussen 1995-2015 wordt de theoretische koudevraag voor Nederland ingeschat op 1,6 TWh. Indien het warmste jaar in die periode (2003) wordt

<sup>7</sup> Gemiddelde oppervlakte per woning \* aantal woningen: 119 m<sup>2</sup> \* 7.891.786 (CBS Statline 2020)

aangehouden dan komt de koudevraag via deze berekening op 2,94 TWh uit. De vraag is in hoeverre deze correlatie op de Nederlandse situatie kan worden toegepast, omdat het aantal koel-graaddagen hier veel lager ligt en de gebouwkwaliteit verschillend is. Bovendien is naast de buitentemperatuur, waar de koelgraaddagen op gebaseerd zijn, de (zonne)straling een belangrijke factor. De resultaten uit dit onderzoek zijn daarom niet representatief voor Nederland.

## 5.2 Toekomstige ontwikkeling

Een aantal bronnen gaat ook in op de ontwikkeling van de koudevraag van Nederland in de toekomst.

De studie van Jakubcionis & Carlsson (2017), vermeld in (W/E adviseurs, 2018), schat in dat als het klimaat in Nederland in de toekomst meer zou gaan lijken op dat van Tsjechië het zou leiden tot een dubbele hoeveelheid koel-graaddagen en hogere potentiële penetratie airco's. De potentiële koudevraag kan dan toenemen van 1,58 tot 5 TWh. Hierbij is wederom het gebruik van airco's gebaseerd op Amerikaanse data.

In het Vesta-MAIS model worden KNMI klimaatscenario's toegepast om de koudevraag voor toekomstige zichtjaren te bepalen. De koudevraag neemt daarbij toe met 3,66% wanneer de vraag naar ruimteverwarming met 1% afneemt. Voor 2030 geven de 4 klimaatscenario's een toename van de koudevraag van 19%, waarmee de koudevraag in 2030 zou uitkomen op 40,3 TWh. Ook hier is het model voorbereid om uitgebreidere inschattingen te maken van de koudevraag in de toekomst en zijn diverse parameters ingebouwd, maar ontbreekt de informatie voor de invulling van de ingebouwde parameters.

In de KEV 2021 wordt voor mobiele airco's verondersteld dat het bezit toeneemt van 4,5% van de bewoonde woningen in 2018 tot 8,5% in 2030. In de KEV2021 wordt de groei van vaste airco's/lucht-lucht warmtepompen gebaseerd op de gemiddelde groei van de afgelopen 5 jaar. Het bezit van vaste airco's neemt dan toe van 5% in 2020 naar 13% in 2030. De elektriciteitsvraag voor koeling (vast en mobiel) stijgt dan van 0,26 TWh in 2020 naar 0,63 TWh. In de bandbreedte van de ramingen wordt rekening gehouden met een grotere groei van airco's.

## 6 Conclusies en vervolgonderzoek

Voor deze notitie is gekeken welke informatie beschikbaar is over het energiegebruik voor ruimteteoeling in woningen. Dit hoofdstuk biedt een samenvatting van de verzamelde informatie en geeft aan waar de kennislücken liggen.

Cijfers over aantal in gebruik genomen airco's lopen uiteen. Het WoON2018 bestand heeft de meest complete en recente gegevens en komt op een penetratiegraad van 6% van de bewoonde woningen in 2018. Cijfers van het CBS laten echter zien dat de aanschaf van vaste airco's sinds 2018 sterk stijgt en de indicatie uit WoON 2018 wordt dan ook snel achterhaald. Uit de CBS cijfers blijkt dat in 2020 5% van de huishoudens een vaste airco had, ten opzichte van 2% in 2018. Het aandeel huishoudens met een mobiele airco is bij het CBS niet bekend. Als we de factor 2,5 toepassen op WoON2018 dan zou nu 15% van de huishoudens een airco hebben, vast of mobiel. Dit komt in de buurt van het onderzoek van MeMo<sup>2</sup> in 2020 waaruit blijkt dat 19% van de huishoudens een airco heeft. Uit alle bovenstaande bronnen lijkt te kunnen worden afgeleid dat zo'n tweederde van de airco's in huishoudens een mobiele airco is.

Het energiegebruik voor koeling door woningen is onder andere afhankelijk van de (gewenste) binnentemperatuur, de penetratiegraad en technische specificaties van het koelsysteem, het koude-afgiftesysteem en het gebruik van de installatie. Schattingen voor het totale energiegebruik van airco's lopen van 0,15 TWh uit een studie van W/E uit 2018 tot 0,26 TWh voor de meest recente KEV studie (2021). De werkelijke koudevraag kan veel hoger liggen, omdat in koeling ook op een andere manieren kan worden voorzien dan met airco's en omdat de huidige koudevraag niet altijd wordt ingevuld, wat betekent dat woningen te warm worden. In het Vesta-MAIS model wordt de zogenaamde 'functionele' koudevraag berekend die uitkomt op 33,8 TWh. Als deze vraag volledig met airco's met een rendement van 300% zou worden ingevuld dan zou het energiegebruik op zo'n 11 TWh uitkomen, 15% van het huidige energiegebruik voor ruimteverwarming en bijna 50% van het huidige elektriciteitsgebruik van woningen.

Naast airco's heeft in 2020 ongeveer 2% van de bewoonde woningen een lucht-water warmtepomp. In welke mate lucht-water warmtepompen worden toegepast voor koeling is onbekend. Verder heeft bijna 1% van de bewoonde woningen een aansluiting op een bodemwarmte/-koude bron, maar in welke mate bodemkoude wordt toegepast voor koeling is hier ook onbekend. Het energiegebruik voor koeling met bodemenergie zal echter beperkt zijn, omdat geen compressor nodig is, maar alleen een circulatie- en/of bronpomp.

Naast individuele koelinstallaties zijn er koudenetten, maar deze worden met name toegepast in de utiliteitsbouw. Een totaaloverzicht van alle koudenetten met onderscheid naar koudebron ontbreekt nog en het is niet bekend aan hoeveel woningen koude wordt geleverd. In hoeverre voor de koude in een koudenet nog energie nodig is, is afhankelijk van het type net.

Hoeveel energie verschillende soorten warmtepompen per jaar voor koeling gebruiken is onzeker en schattingen voor airconditioners lopen uiteen van 64 kWh tot 850 kWh. Naast technische specificaties is het gebruik van het koelsysteem door de bewoner een belangrijk aspect in het energiegebruik, zoals: Vanaf welke



binnentemperatuur wordt er gekoeld? Welke ruimtes worden gekoeld? Maar ook: wat is de binnentemperatuur en in hoeverre wordt deze al beperkt door het nemen van maatregelen (zoals ventilatie, zonwering, beschaduwning van de woning)? Over het bewonersgedrag is echter weinig bekend, evenals de beweegredenen voor de aanschaf van een koelsysteem.

Uit het bovenstaande kunnen we de volgende kennisvragen afleiden om de energievraag voor ruimtekoeling in woningen, beter in te kunnen schatten:

1. CBS verzamelt cijfers over vaste airco's/lucht-lucht warmtepompen in de hernieuwbare energiestatistiek. Er is geen monitoring van de verkoop van het aantal mobiele airco's.
2. Er is niet bekend in hoeverre vaste airco's, lucht-water en bodemwater warmtepompen die worden geïnstalleerd voor verwarming ook worden gebruikt voor koeling in woningen.
3. De vraag is hoe koelsystemen momenteel gebruikt worden door bewoners. Bij welke binnentemperatuur wordt er bijvoorbeeld gekoeld?
4. Er is nog weinig bekend over het elektriciteitsverbruik van de verschillende koelsystemen. Welke 'Coefficient of Performance' (COP) kan het beste worden aangehouden? Welke factoren spelen een rol in het energiegebruik en wat zijn redelijke aannames hiervoor? Kan er een eenduidige methode worden ontwikkeld? Zijn er nog technologische ontwikkelingen mogelijk?
5. Het is niet bekend hoe bewoners maatregelen toepassen om te voorkomen dat de woning opwarmt, zoals zonwering en nachtventilatie.

Om ook de verwachte energievraag voor de toekomst in te kunnen schatten is informatie nodig over toekomstige ontwikkelingen in bovenstaande kennisvragen en over de volgende twee vragen:

6. Wat zijn de verwachtingen voor het bezit van airco's en warmtepompen die gebruikt kunnen worden voor koeling van woningen in de toekomst?
7. In hoeverre neemt de koudevraag in de toekomst toe door;
  - a) klimaatverandering;
  - b) verdere isolatie van woningen?

Een andere interessante onderzoeksvraag betreft het (neven)effect van koeling:

8. Wat is de impact van koelsystemen op:
  - a) de piekvraag van elektriciteit;
  - b) het stedelijke hitte-eilandeffect;
  - c) hittestress, en;
  - d) arbeidsproductiviteit?

TNO zal vraag 7a verder oppakken in 2021. Hiervoor zullen we een bestaand TNO model voor het berekenen van de warmtevraag uitbreiden met aannames over de buitentemperatuur en zoninstraling in de toekomst aan de hand van de KNMI klimaatscenario's waarmee de koudevraag van de woning op uurbasis kan worden berekend.

## Referenties

- Arent, et al. (2014). IPCC WGII AR5 Chapter 10.
- Caverzam Barbosa, E., Kluck, J., & de Groot, M. (2020). *Hitteproef in woningen: resultaten zomer 2020*. HvA.
- CBS & TNO. (2020). *Warmtemonitor 2019*.
- CBS en TNO. (2019). *Warmtemonitor 2017*. CBS. Retrieved from <https://www.cbs.nl/nl-nl/achtergrond/2019/23/warmtemonitor-2017>
- CBS StatLine. (2020). *Warmtepompen; aantallen, thermisch vermogen en energiestromen*. Retrieved from <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/82380NED/table>
- CE-Delft. (2019). *Functioneel ontwerp Vesta 4.0*.
- Consumentenbond. (2021). *Consumentengids, juli-augustus 2021*.
- Energiesprong. (2015). *Resultaten uit monitoring over: Concepten nul-op-de-meter en 80% besparing*.
- Essent. (2020). *Extreme stijging stroomverbruik tijdens hittegolf door airco's*. Retrieved from <https://www.essent.nl/content/overessent/actueel/index.html/extreme-stijging-stroomverbruik-tijdens-hittegolf-door-aircos/#>
- HvA. (2020a). *Woning hitteproef 2019*.
- IEA. (2018). *The Future of Cooling*.
- MeMo2. (2020). *THX.Insightscan - Essent. Juni 2020*.
- PBL. (2019a). *Korte modelbeschrijving SAWEC*.
- PBL. (2019b). *Korte Modelbeschrijving Elektriciteitsverbruik van Apparaten (EVA)*. Retrieved from [https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2019-kev-rekensysteem-korte-modelbeschrijving-eva\\_3826.pdf](https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2019-kev-rekensysteem-korte-modelbeschrijving-eva_3826.pdf)
- RVO. (2019). *Monitor Energiebesparing Gebouwde Omgeving 2019*. Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties.
- TKI-UE. (n.d.). *Factsheet Koudevraag in Nederland*. Retrieved from <https://www.topsectorenergie.nl/tki-urban-energy/kennisdossiers/factsheets-koudetechnieken/koudevraag-in-Nederland>
- TNO. (2020). *“Opdeling huishoudelijk elektriciteitsgebruik (van CBS) naar functie tbv RVO monitor energiebesparing GO”*.
- Vakblad Warmtepompen. (2019). *Nederlandse verkoop warmtepompen groeit bijna 30 procent*. Retrieved from [https://www.vakbladwarmtepompen.nl/sector/nieuws/2019/05/nederlandse-verkoop-warmtepompen-groeit-bijna-30-procent-1014674?\\_ga=2.30695999.1600227608.1614008230-1008079784.1614008230](https://www.vakbladwarmtepompen.nl/sector/nieuws/2019/05/nederlandse-verkoop-warmtepompen-groeit-bijna-30-procent-1014674?_ga=2.30695999.1600227608.1614008230-1008079784.1614008230)
- van Kempen. (2000, april). *Marktanalyse en prognose van airconditioningsystemen; rapportage van een marktonderzoek naar causale factoren en trends*. Retrieved from [http://www.vankempenconsultancy.com/html/resources/3D/3D76F492-0B9C-456B-8728-0EEFDA0DB4DD/rapport\\_marktonderzoek\\_airco.pdf](http://www.vankempenconsultancy.com/html/resources/3D/3D76F492-0B9C-456B-8728-0EEFDA0DB4DD/rapport_marktonderzoek_airco.pdf)
- VHK. (2008). *Basisdocument Elektrische apparatuur in Nederlandse huishoudens, i.o.v. SenterNovem*. Retrieved from <http://vhk.nl/research/reports.htm>
- W/E adviseurs. (2018). *Ontwikkeling van koudevraag van woningen; factsheets met conclusies en aanbevelingen*. i.o.v. het ministerie van EZK.
- Woononderzoek. (2018). *Woononderzoek Nederland*. Retrieved from <https://www.woononderzoek.nl/home>