

Versnelling verduurzaming corporatiewoningen: kan een betere balans tussen isoleren en installeren helpen?



Auteurs

Laure Itard, Casper Tigchelaar,
Viraisha Bhoewar, Kim Fernández Gómez

TDI500 - Gedragen transitieproces

TNO innovation
for life

Inhoud

Samenvatting

1 Inleiding

2 De gedachtegang

3 Zeven verschillende scenario's voor 2050

- 3.1 Aanpak op woningvoorraadniveau
- 3.2 De scenario's
- 3.3 CO₂-uitstoot
- 3.4 Welke investeringen zijn nodig om een bepaald scenario te bereiken in 2050?
- 3.5 Wat betekenen de scenario's voor de energielasten van huurders?
- 3.6 Effectieve investeringen
- 3.7 Wat hebben wij geleerd?

4 Routes naar CO₂-vrije en betaalbare corporatiewoningen

- 4.1 Wat bereiken wij met de huidige realisatiesnelheid?
- 4.2 Verkenning van drie mogelijke routes
- 4.3 Conclusies over de verschillende routes

5 Randvoorwaarden voor een gefaseerde aanpak

- 5.1 Comfort & gezondheid
- 5.2 Ruimtebeslag & constructieve aanpassingen
- 5.3 Netcongestie & energimanagement
- 5.4 Warmtenetten
- 5.5 Koeling
- 5.6 Lock-in

6 Reflecties en conclusies

- 6.1 Reflecties
- 6.2 Conclusies

3 Bijlage 1 Isolatie-niveaus 19

- 4 B1.1 Schillabel 19
- B1.2 Isolatiestandaard 19

5 Bijlage 2 Uitgangspunten van de studie 20

- 6 B2.1 Aantal woningen 20
- B2.2 Rendementen installaties 20
- 6 B2.3 CO₂-emissiefactoren 20
- 6 B2.4 Investeringskosten 20
- 7 B2.5 Kosten van vervangingen gedurende de komende 25 jaar 21
- 8 B2.6 Energieprijzen 21

9 Bijlage 3 Effectiviteit van investeringen 22

10 Bijlage 4 Verduurzamingssnelheid in 2024 23

11

11

12

14

15

15

15

15

16

16

16

17

17

17

Samenvatting

Met het huidige verduurzamingstempo wordt het lastig om alle corporatie-woningen in het sociale huursegment gas- en CO₂-vrij te maken in 2050. Om dat doel te bereiken moet het aantal geïnstalleerde warmtepompen verviervoudigen ten opzichte van 2024, en moet er tegelijkertijd meer geïsoleerd worden. Het huidige beleid focust voornamelijk op isolatie, terwijl andere oplossingen zoals warmtepompen minder aandacht krijgen. In deze paper wordt de efficiëntie van investeringen in verschillende verduurzamingsscenario's verkend, in termen van CO₂-besparing en vermindering van energielasten per geïnvesteerde euro. Het scenario waar alleen geïsoleerd wordt is de minst efficiënte investering. Het is wel de route die nu grotendeels gevolgd wordt. Scenario's met combinaties van all-electric warmtepompen met matig tot goed isoleren blijken de meest efficiënte investeringen. Scenario's met hybride warmtepompen houden het midden tussen deze extremen. Op basis van deze inzichten wordt een route geschetst naar gas- en CO₂-vrije woningen. Substantiële extra investeringen zijn nodig om op te schalen om in 2050 alle corporatie-woningen te hebben geïsoleerd en voorzien van all-electric warmtepompen. Beide maatregelen hoeven niet tegelijkertijd uitgevoerd te worden, en een gefaseerde

aanpak biedt meer handelingsperspectief dan de huidige route. Bijvoorbeeld, als een ketel aan vervanging toe is kan een all-electric-ready hybride warmtepomp geplaatst worden, terwijl isolatie op een ander moment wordt aangebracht, waarna de warmtepomp kan dienen als all-electric warmtepomp.



TDI 500

Team Duurzaam Installeren: naar 500 duurzame installaties per dag

WP 5.6: gedragen transitieproces

Subsidienummer: MOOI322016

Dit project is uitgevoerd met Topsector Energie subsidie van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

De specifieke subsidie voor dit project betreft MOOI-subsidie ronde 2022.

1 Inleiding

Nederlandse corporatiewoningen moeten verduurzamen zodat ze in 2050 geen CO₂ meer uitstoten ([Nationale Prestatieafspraken](#)). Dit betekent dat woningen van het aardgas af moeten, en geïsoleerd moeten worden. De route naar een CO₂-vrije woningvoorraad wordt nu ingevuld door veel woningen te isoleren, naar schatting zo'n 53.000 woningen per jaar¹, terwijl het aardgasvrij maken beperkt blijft tot het plaatsen van warmtepompen in ca. 18.000 woningen per jaar, en het aansluiten van ca. 5.500 woningen aan een warmtenet ([Aedes](#)). Met dit tempo lijkt het lastig om de doelstelling voor 2050 te halen.

De focus ligt nu dus veel op isolatie, terwijl andere oplossingen — zoals warmtepompen — minder aandacht krijgen. De gedachte is dat isoleren een no-regret optie is, die hoe dan ook uitgevoerd moet worden om de energielasten van de huurders te verlagen, en om duurzame installaties mogelijk te maken: warmtepompen en lagetemperatuur warmtenetten presteren slecht bij niet-geïsoleerde woningen, en leiden tot comfortproblemen.

Echter, isolatie is ook een kapitaal-intensieve en arbeidsintensieve route, vaak belastend voor de huurder, die last krijgt van de werkzaamheden in zijn woning, of zelfs tijdelijk moet verhuizen. Het lijkt op het moment moeilijk om het tempo te verhogen². De opkomst van, aan de ene kant, hybride warmtepompen³, die relatief goedkoop zijn, makkelijk te installeren en in niet-geïsoleerde woningen geplaatst kunnen worden, en aan de andere kant van all-electric warmtepompen geschikt voor matig geïsoleerde woningen, roept de vraag op wat deze opties kunnen betekenen voor de energietransitie-opgave van woningcorporaties.

In dit artikel worden verschillende combinaties van isolatie en installaties vergeleken op CO₂-uitstoot, investeringen en energielasten om deze vraag te kunnen beantwoorden. Uit deze drie parameters wordt berekend hoe groot de CO₂-besparing en de vermindering van energielasten zijn per geïnvesteerde euro. Dit helpt bij het identificeren van relevante combinaties van maatregelen. Met deze kennis wordt verder uiteengezet welke routes op efficiënte wijze kunnen leiden tot een CO₂-vrije woningvoorraad in 2050.

¹ Zie later in dit artikel, in Hoofdstuk 4.

² <https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2026/01/29/maatregelen-nodig-tegen-tekort-woningcorporaties-van-%E2%82%AC-194-miljard>.

³ Een hybride warmtepomp is een warmtepomp die in combinatie met een gasketel opereert.

2 De gedachtegang

Tot nu toe is de gedachte geweest dat, als alle woningen in 2050 goed geïsoleerd moeten zijn en voorzien van een elektrische warmtepomp (wij behandelen warmtenetten niet in deze paper), dit in één of twee stappen gerealiseerd dient te worden: of alles in één keer, of eerst isoleren en later de ketel vervangen door een warmtepomp, volgens de Trias Energetica.

In deze paper voegen wij extra mogelijke tussenstappen toe: bijvoorbeeld, waarom niet gelijk een ketel die aan vervanging toe is vervangen door een hybride warmtepomp, en een paar jaar later de woning isoleren om de hybride warmtepomp dan als elektrische warmtepomp te gebruiken? Dus een meer geleidelijke overgang naar gasvrij.

Op deze manier treedt diversificatie op: naast 50.000 geïsoleerde woningen per jaar, kunnen er veel meer dan 18.000 warmtepompen geplaatst worden (want er hoeft met hybride warmtepompen niet gewacht te worden op isolatie), en wordt er per jaar uiteindelijk meer voortgang geboekt. Wellicht is de CO₂-uitstoot in een individuele woning nog niet zo laag als mogelijk, maar doordat er meer woningen aangepakt worden, wordt in totaal meer CO₂ bespaard dan nu. Dit vereist wel dat woningcorporaties en de installatiesector

in staat zijn om op te schalen van 18.000 installaties per jaar naar substantieel meer.

Samenvattend: als de voorkeursroute niet leidt tot het gewenste aantal verduurzaamde woningen, is het wellicht beter om andere routes te verkennen.

Wel moet er gewaakt worden dat de gekozen route leidt tot de gewenste CO₂-besparing, en betaalbaar is voor corporaties en huurders. Daarom verkennen wij in Hoofdstuk 3 deze parameters voor een zevental combinaties van isolatie en installaties, de zogenoemde 'scenario's'. In Hoofdstuk 4 gebruiken wij deze resultaten om drie alternatieve routes naar 2050 te verkennen, en in hoofdstuk 5 worden een aantal randvoorwaarden geschetst.

3 Zeven verschillende scenario's voor 2050

3.1 Aanpak op woningvoorraadniveau

Deze studie gaat niet over afwegingen op projectniveau of op individueel gebouwniveau, maar over afwegingen op **woningvoorraadniveau**. Wij beschouwen de hele woningvoorraad van corporaties in 2024, en beperken ons tot sociale huurwoningen die nog een HR- of VR-ketel hebben. Dit zijn 1,86 miljoen woningen (van de 2,2 miljoen corporatiewoningen). De karakteristieken van deze 1,86 miljoen woningen zijn bekend, en aanwezig in Hestia (zie kader), het model dat gebruikt wordt voor deze studie.

Hestia

Hestia is een model en softwaretool waarmee de actuele stand van de woningvoorraad geanalyseerd kan worden, en scenarioberekeningen uitgevoerd kunnen worden. Het wordt gebruikt voor beleidsstudies (dus op woningvoorraadniveau) door o.a. het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), het CPB en TNO voor studies zoals [Eindgebruikerskosten](#) voor gemeenten, of [Inkomsteneffecten van woningverduurzaming](#). Hestia is gekoppeld met BAG voor de geometrie, typologie en locatie van gebouwen (ca. 8 miljoen woningen), en met databronnen zoals o.a. WoON, om verschillende gebouwkarakteristieken, zoals isolatie en installaties vast te stellen. Het berekent de jaarlijkse energievraag en de vermogens en is gekoppeld aan kostendatabases voor de berekening van investeringen en energielasten voor de eindgebruiker. Het produceert dus inzichten die valide zijn voor de gehele beschouwde woningvoorraad. *Door middelingseffecten kunnen de inzichten verschillend zijn van die van specifieke kleinschalige projecten.*

Alle scenario's worden berekend voor deze 1,86 miljoen woningen, gebaseerd op peiljaar 2024. Wij gaan er voor deze studie vanuit dat er geen nieuwe warmtenetten geplaatst worden. Mochten warmtenetten er wel komen, dan blijven de relatieve resultaten tussen de scenario's valide. Alleen de totale aantallen zullen dan verhoudingsgewijs dalen. Er wordt ook geen rekening gehouden met zonnepanelen. Dit is omdat dit onderzoek over de prestaties van verwarmingssystemen gaat, en niet over compensatie van gasverbruik en niet-duurzame elektriciteit met de opbrengst van zonnepanelen.

3.2 De scenario's

De bedoeling van deze studie is om de oplossingsruimte te schetsen en niet om een compleet overzicht van alle mogelijkheden te geven. Wij beperken ons dus tot zeven scenario's die een goed beeld geven van het gehele spectrum.

Bij isoleren onderscheiden wij drie isolatieniveaus:

- **Niet isoleren**; de woningen blijven dus in hun huidige isolatiestaat.
- Matig isoleren, oftewel isoleren naar **schillabel D**, zie bijlage 1. Het schillabel is een concept dat wordt gebruikt in beleidsanalyses om isolatieniveaus te duiden. Het komt ongeveer overeen met de isolatie die nodig is om een bepaald label te bereiken als de woning een HR-ketel voor ruimte- en tapwaterverwarming heeft en geen PV-panelen.
- Isoleren naar de **isolatiestandaard**. Dit is het niveau van isolatie dat een woning moet krijgen om verwarmd te kunnen worden met een watertemperatuur van 50 graden, zonder dat comfortproblemen optreden. Met deze lage temperatuur kunnen duurzame installaties zoals elektrische warmtepompen en lage-temperatuur warmtenetten gebruikt worden zonder het comfort te compromitteren. De isolatiestandaard is lager dan de minimum eisen voor nieuwbouw.

Voor de installaties worden all-electric warmtepompen (eWP) en hybride warmtepompen (hWP) meegenomen. Een all-electric warmtepomp is in staat de gehele woning en het tapwater zelfstandig te verwarmen, terwijl een hybride warmtepomp altijd gekoppeld is aan een ketel, die ingezet wordt voor de piekvraag en voor warm tapwater.

		Geen maatregel (huidige staat)	eWPlw + isolatie standaard	eWPlw + schillabel D	eWPbw + schillabel D	hWP + isolatie standaard	hWP + schillabel D	hWP zonder isolatie	alleen isolatie standaard
Isolatie niveau	Huidig	X						X	
	Schillabel D			X	X		X		
	Isolatiestandaard		X			X			X
Installatie	HR-ketel	X				X	X	X	X
	All-electric warmtepomp (lucht-water)		X	X					
	All-electric warmtepomp (bodem-water)				X				
	Hybride warmtepomp					X	X	X	
Afgifte	Hoge temperatuur	X				X	X	X	X
	Lage temperatuur		X	X	X				

Tabel 1: De zeven onderzochte scenario's, en de huidige staat.

De samengestelde scenario's worden weergegeven in Tabel 1. Warm tapwater wordt in alle scenario's meegenomen.

- Het referentiescenario ('Geen maatregel') wordt gebruikt om de huidige CO₂-uitstoot en energielasten in kaart te brengen.
- Bij de drie scenario's met all-electric warmtepompen toetsen wij bij twee scenario's de prestaties van lucht-water warmtepompen met isolatie naar schillabel D ('eWPlw + schillabel D') en isolatiestandaard ('eWPlw + isolatiestandaard'). Eén scenario gaat over de bodem-water warmtepomp ('eWPbw + schillabel D'): die wordt weliswaar minder vaak geplaatst, maar door de

relatief hoge COP is het een interessante optie. Bij deze drie scenario's wordt het afgiftesysteem (radiatoren) geschikt gemaakt voor lagetemperatuurverwarming⁴.

- De prestaties van hybride warmtepompen worden voor alle drie de isolatieniveaus verkend ('hWP zonder isolatie', 'hWP + schillabel D', 'hWP + isolatiestandaard'), en het afgiftesysteem wordt niet vervangen.
- Uiteindelijk berekenen wij in het laatste scenario ('alleen isolatiestandaard') de prestaties van enkel isoleren naar de isolatiestandaard. De installaties worden niet vervangen.

Voor verdere uitgangspunten betreffende het aantal woningen, rendementen van installaties en emissiefactoren, wordt verwezen naar Bijlage 2 (2.1, 2.2 en 2.3).

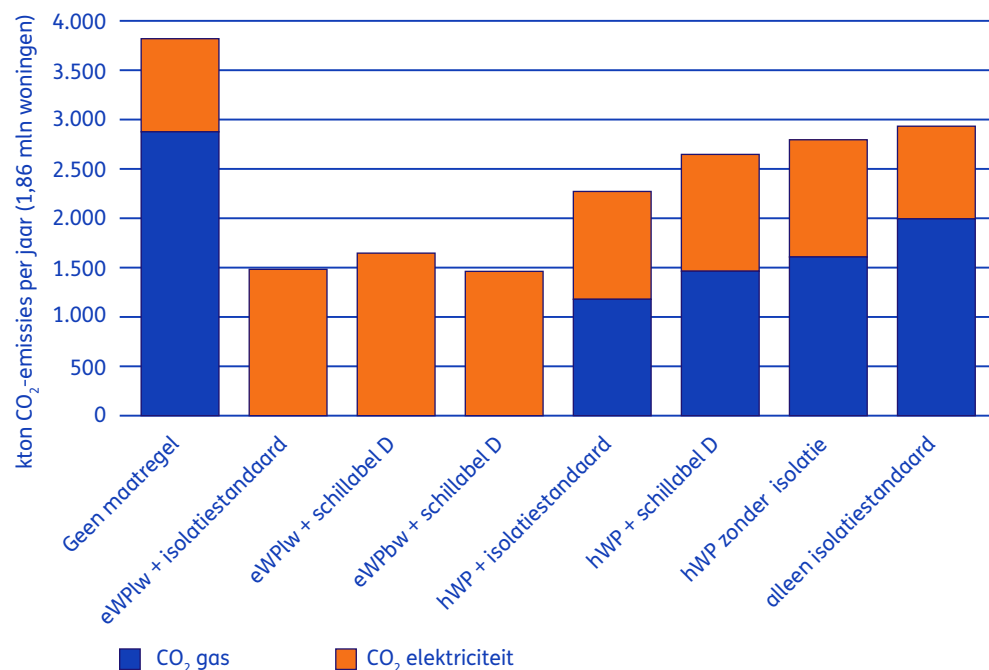
3.3 CO₂-uitstoot

De zeven scenario's beschreven in paragraaf 3.2 geven aan naar welke situatie gestreefd wordt in 2050 (bijvoorbeeld alle woningen hebben een hybride warmtepomp en zijn geïsoleerd naar schillabel D). In deze paragraaf wordt verder ingegaan op de verwachte CO₂-uitstoot per jaar (dus vanaf 2050) in ieder van de scenario's. Figuur 1 toont de totale jaarlijkse CO₂-emissies van 1,86 mln

woningen als die allemaal in 2050 aan een bepaald scenario voldoen. In alle scenario's, ook het referentiescenario 'geen maatregel', wordt elektriciteit gebruikt voor de ventilatiesystemen (als het een mechanisch systeem is), pompen, verlichting en apparatuur.

Als alle woningen van een elektrische warmtepomp (eWP) zijn voorzien, zijn de CO₂-emissies het laagst, en zijn de woningen gasvrij. De bodem-water warmtepomp (eWPbw) met schillabel D presteert vergelijkbaar met de lucht-water warmtepomp (eWPlw) met isolatiestandaard. Bij de eWPlw is het verschil in

⁴ Een afgiftesysteem dat geschikt is voor lagetemperatuurverwarming (zoals nodig is bij een all-electric warmtepomp) wordt vaak benoemd als LT-afgiftesysteem. Omdat de temperatuur in het afgiftesysteem van een eWP lager is dan met een ketel, is meer warmte-uitwisselingsoppervlakte nodig en/of grotere warmteoverdrachtscoëfficiënten. Daarom zijn LT-afgiftesystemen vaak groter (bijvoorbeeld vloerverwarming of LT-radiatoren) of worden geëquipeerd met bijvoorbeeld radiatorventilatoren. Met schillabel D is de woning in principe niet klaar voor lagetemperatuurverwarming, wat betekent dat het oude afgiftesysteem (radiatoren) te klein is om in de warmtevraag te voorzien. Zelfs als er LT-radiatoren met een groter oppervlakte komen, of met een verbeterde warmteoverdrachtscoëfficiënt zal het in vele gevallen niet toereikend zijn. In woningen die voldoen aan de isolatiestandaard, is een LT-afgiftesysteem meestal niet nodig. Echter wordt die vaak ook geplaatst, omdat het extra comfort oplevert (zoals bij vloerverwarming). Daarom is bij alle 'eWP'-opties rekening gehouden met een LT-afgiftesysteem. Zie hoofdstuk 5.1 voor verdere discussie over schillabel D en LT-afgifte.

CO₂-emissies per jaar

Figuur 1: CO₂-emissies per jaar vanaf 2050 voor 1,86 mln woningen, als ze allemaal voldoen aan een bepaald scenario.

CO₂-emissies tussen isoleren naar schillabel D en isoleren naar de standaard ca. 10%. Mocht in 2050 de elektriciteitsvoorziening volledig duurzaam zijn, dan wordt de CO₂-uitstoot door elektriciteit (de oranje balken in de figuur) voor al deze scenario's nul.

De scenario's met hybride warmtepompen (hWP) leveren duidelijk minder CO₂-besparing en zijn uiteraard niet gasvrij. Het positieve effect van isoleren is wel goed zichtbaar.

Het scenario met alleen isoleren naar standaard presteert het slechtst, maar levert toch een CO₂-besparing van ongeveer 23% ten opzichte van de huidige situatie.

3.4 Welke investeringen zijn nodig om een bepaald scenario te bereiken in 2050?

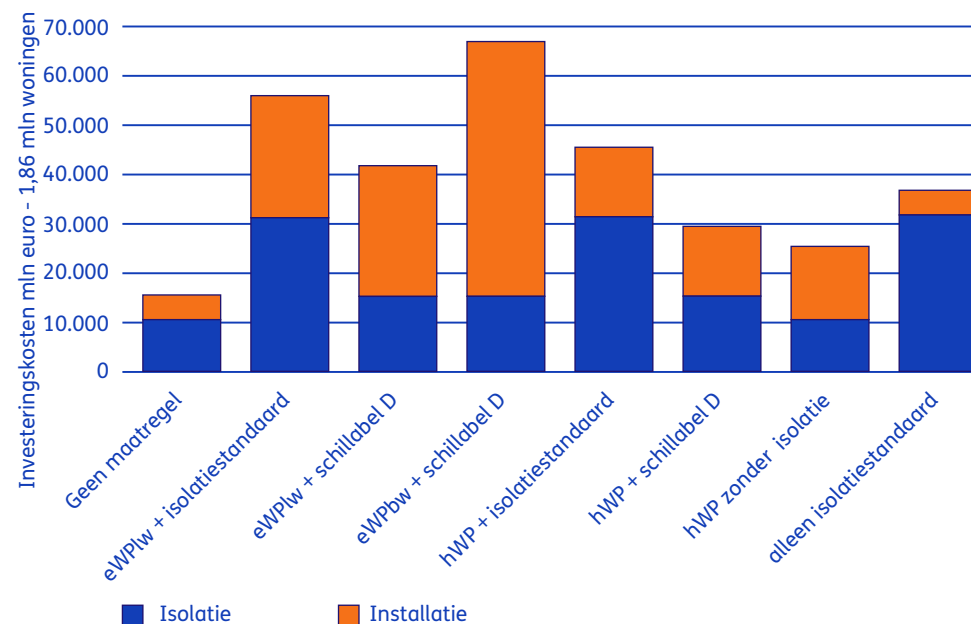
Er is gerekend met het prijspeil van 2024, en de btw is meegeteld. Bij alle all-electric warmtepompen (eWP) is rekening gehouden met een nieuw LT-afgiftesysteem. Ook is er in alle scenario's rekening gehouden met

vervangingen door het bereiken van het einde van de levensduur van componenten. Gezien de levensduur van ventilatie (15 jaar) en van ramen en platte daken (25 jaar), gaan wij ervan uit dat die voor alle woningen één keer in de komende 25 jaar vervangen moeten worden. In de scenario's waar een ketel aanwezig blijft, wordt die ook één keer in die periode vervangen. Dit zijn dus kosten die bij het scenario 'geen maatregelen' ook zullen optreden. Voor meer details zie Bijlage 2 (2.4 en 2.5).

Figuur 2 toont de totale investeringskosten voor 1,86 mln woningen als die allemaal in 2050 aan een bepaald scenario voldoen.

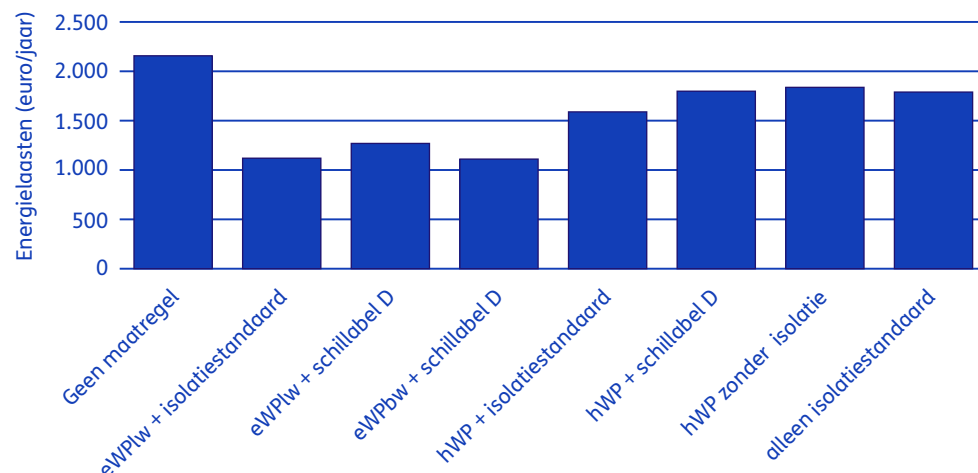
De vier scenario's met de laagste CO₂-uitstoot (zie Figuur 1) blijken nu ook de duurste. Opvallend daarbinnen is het kleine verschil (8%) tussen 'hWP + isolatiestandaard' en 'eWPlw + schillabel D'. Isoleren naar de standaard is flink duurder dan isoleren naar schillabel D, en de kosten van scenario's met hybride warmtepompen met schillabel D of zonder isolatie zijn het laagst. Investeren in 'alleen isolatiestandaard' is flink duurder dan investeren in een hybride warmtepomp zonder isolatie of met schillabel D-isolatie.

Investeringskosten



Figuur 2: Benodigde investeringen om een bepaald scenario te bereiken in 2050 (voor 1,86 mln woningen).

Energielasten per woning per jaar



Figuur 3: Gemiddelde energielasten per woning per jaar vanaf 2050.

3.5 Wat betekenen de scenario's voor de energielasten van huurders?

Voor de gas- en elektriciteitskosten is uitgegaan van het prijspeil van 2024, zie Bijlage 2.6. Dit is omdat het onmogelijk is te voorspellen hoe deze prijzen zich gaan ontwikkelen in de komende 25 jaar. Huurverhoging ter compensatie van het plaatsen van een warmtepomp is niet meegeteld: het is niet verplicht, de keuze ligt bij de woningcorporaties. Mocht die meegeteld worden, dan zullen de totale lasten voor de bewoners hoger uitpakken in alle scenario's behalve 'alleen isoleren' en 'geen maatregel'⁵.

In Figuur 3 zijn de gemiddelde energielasten te zien per woning. In alle gevallen

zijn de energielasten lager dan in de huidige situatie. 'Alleen isoleren' leidt tot ongeveer dezelfde energielasten als 'hWP + schillabel D'. Bij hybride warmtepompen zonder isolatie of met schillabel D, en bij 'alleen isolatiestandaard' zijn de energielasten 15-17% lager dan in de huidige situatie. Bij de all-electric warmtepompen zijn de energielasten 41-49% lager dan in de huidige situatie.

Het is duidelijk dat in termen van energielasten alles beter is dan geen maatregelen nemen, en het is ook duidelijk dat de scenario's met all-electric warmtepompen tot lagere lasten leiden dan de andere scenario's.

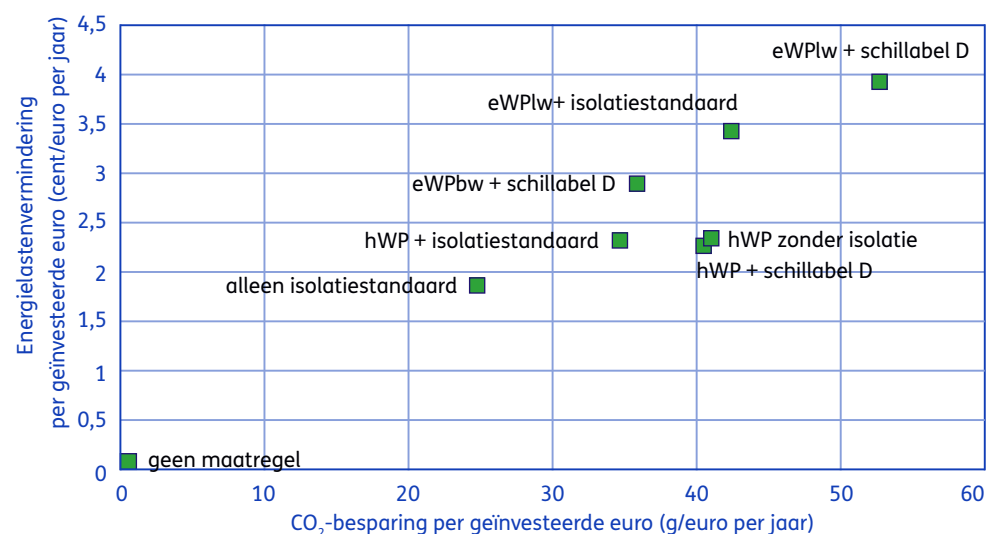
3.6 Effectieve investeringen

Uit de voorgaande analyse blijkt dat de scenario's die het meeste CO₂ besparen ook leiden tot de laagste energielasten. Zij leiden in het algemeen ook tot hogere investeringen, maar het beeld is daar minder duidelijk. Bijvoorbeeld de investeringen in 'eWPlw + schillabel D' zijn lager dan de investeringen in 'hWP + isolatiestandaard', maar leiden wel tot een hogere CO₂-besparing en tot lagere energielasten. Om beter inzicht te krijgen in deze verschillen wordt in Figuur 4 de vermindering van energielasten per geïnvesteerde euro geplot tegenover de CO₂-besparing per geïnvesteerde euro. Voor meer details over beiden wordt verwezen naar Bijlage 3.

Zo hoog mogelijke energielastenvermindering en CO₂-besparing per euro zijn gewenst, dus de rechterbovenhoek van Figuur 4 geeft de meest efficiënte investeringen aan.

De lucht-water elektrische warmtepompen (eWPlw) zijn ruimschoots de meest efficiënte investeringen in termen van het verlagen van energielasten en CO₂-besparing, waarbij isoleren naar schillabel D als het beste naar voren komt. Bij gelijke investering kunnen, door hun lagere kosten, 1,3 meer eWPlws met schillabel D geplaatst worden dan met eWPlws met isolatiestandaard, wat betekent dat 1,3 meer woningen sneller toegang krijgen tot lagere energielasten dan nu, en er ook sneller CO₂ bespaard wordt.

CO₂-besparing en energielastenvermindering per geïnvesteerde euro



Figuur 4: Effect van een geïnvesteerde euro op CO₂-besparing en op de vermindering van energielasten.

⁵ In geval er wel huurverhoging komt, zal de waarde daarvan naar verwachting 300-768 euro/jaar zijn voor een eWPlw, en 48-420 voor een hWP (zie 'Menukaart voor huurverhoging bij verduurzaming: Vergoedingstabellen voor installatiemaatregelen' van Woonbond en Aedes, 2025).

Eveneens duidelijk is dat alleen isoleren naar de isolatiestandaard de minst efficiënte investering is. Maar met het combineren van de isolatiestandaard met een hWP of een eWP stijgt de efficiëntie sterk.

Betreffende CO₂-besparing komen hybride warmtepompen met schillabel D of zonder isolatie op positie nummer 3. De vermindering van energielasten is daarentegen op één na de slechtste optie.

3.7 Wat hebben wij geleerd?

Het bereiken van 100% all-electric warmtepompen in 2050, in combinatie met isolatie naar schillabel D of naar de isolatiestandaard is nodig is om (buiten warmtenetten) een CO₂-vrije corporatiewoningvoorraad te bereiken. In termen van energielastenvermindering en CO₂-besparing zijn de all-electric lucht-water warmtepompen in combinatie met isolatie een zeer efficiënte investering, met als groot nadeel dat de absolute investering hoog is, tenzij er alleen geïsoleerd wordt naar schillabel D. Bodem-water warmtepompen (eWPbw) zijn duurder dan andere all-electric warmtepompen, maar hun prestaties behoren tot de beste in termen van energielastenvermindering per geïnvesteerde euro.

Ook is gebleken dat enkel isoleren de minst efficiënte investering is. Hybride warmtepompen zitten in het midden tussen deze extremen, met het voordeel dat ze relatief goedkoop zijn, en het nadeel dat ze tot minder hoge CO₂-besparing en energielastenvermindering leiden.

Met deze kennis van de consequenties van ieder scenario onderzoeken wij in Hoofdstuk 4 verschillende routes om de doelstellingen voor 2050 te bereiken.

4 Routes naar CO₂-vrije en betaalbare corporatiewoningen

4.1 Wat bereiken wij met de huidige realisatiesnelheid?

Zoals geschetst in Hoofdstuk 2 werden in 2024 naar schatting 53.400 woningen geïsoleerd, en 18.100 warmtepompen geplaatst, zie Bijlage 4 voor meer informatie. Bij de warmtepompen gaan wij ervan uit dat 55%⁶ (9.955) daarvan all-electric warmtepompen zijn.

De situatie anno 2024 vereenvoudigen wij en vatten wij als volgt samen: jaarlijks worden 61.545 woningen verduurzaamd, waarvan⁷:

- 9.955 woningen per jaar worden voorzien van een all-electric warmtepomp, in combinatie met isolatie naar de standaard ('eWP + isolatiestandaard')
- 8.145 woningen worden voorzien van een hybride warmtepomp zonder extra isolatie ('hWP zonder isolatie')
- 43.445 woningen worden alleen geïsoleerd naar de isolatiestandaard ('alleen isolatiestandaard')

Het aantal woningen met isolatie naar de isolatiestandaard is dus 53.400 (9.955 + 43.445), en het aantal woningen met een warmtepomp 18.100.

Figuur 5 geeft aan wat de consequenties zijn als deze situatie en deze aantallen voortgezet worden de komende 25 jaar.

Dit is het scenario 'huidige snelheid en mix'.

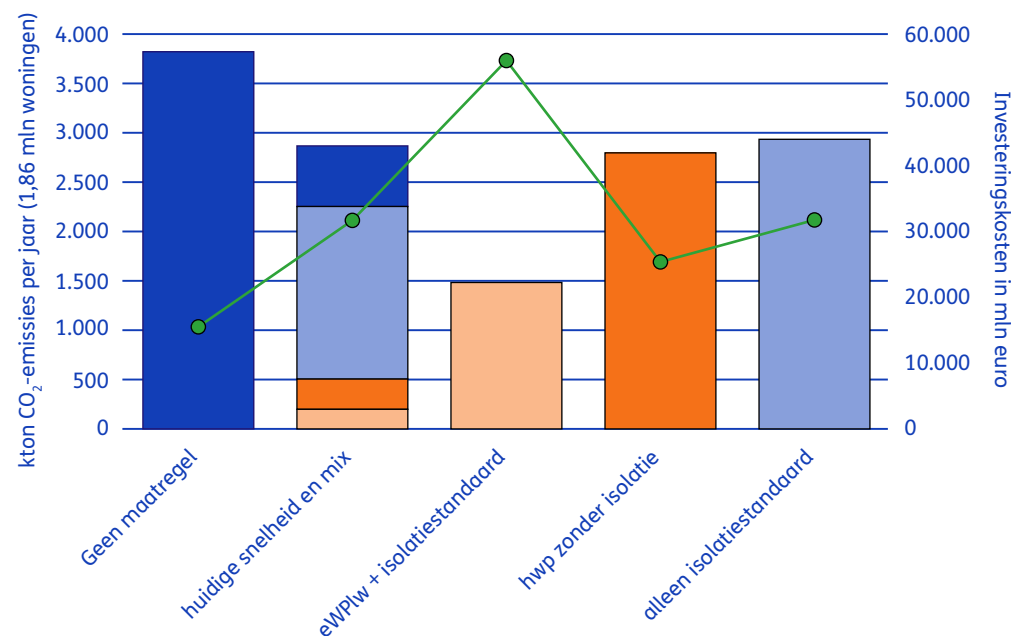
In 2050 zijn dan bij ca. 0,3 miljoen woningen geen maatregelen genomen, en die zijn verantwoordelijk voor 614 kton emissies (de donkerblauwe balk in 'huidige snelheid en mix'). De 43.445 woningen die alleen naar standaard geïsoleerd zijn, zijn goed voor 1.748 kton CO₂-emissies (de lichtblauwe balk in 'huidige snelheid en mix').

De CO₂-uitstoot bij het scenario 'huidige snelheid en mix' is vergelijkbaar met die van de scenario's 'hWP zonder isolatie' en 'alleen isolatiestandaard'. Dus niet gasvrij en met een veel hogere CO₂-uitstoot dan bij eWPs. De kosten (groene lijn) voor het realiseren van 'huidige snelheid en mix', 31.677 miljoen euro, zijn vergelijkbaar met de kosten van het scenario 'alleen isolatiestandaard', maar 26% hoger dan bij 'hWP zonder isolatie'. De energielasten per woning in het scenario 'huidige snelheid en mix' verschillen afhankelijk van de maatregelen die genomen zijn: bijvoorbeeld de energielasten van woningen die 'alleen isolatiestandaard'

hebben gekregen komen overeen met de energielast van Figuur 3, onder het scenario 'alleen isolatiestandaard'.

Kortom, de prestaties van de huidige route zullen niet leiden tot CO₂-vrije corporatiewoningen en zijn vergelijkbaar met de scenario's met de laagste efficiëntie per geïnvesteerde euro van Figuur 4. Een

kanttekening bij deze analyse is dat, omdat er aangenomen is dat alle geïsoleerde woningen geïsoleerd zijn naar de isolatiestandaard, de CO₂-uitstoot in werkelijkheid hoger zal uitvallen (woningen met schillabel D-isolatie hebben een hogere CO₂-uitstoot), en de kosten lager (isoleren naar schillabel D is goedkoper dan naar de isolatiestandaard).



Figuur 5: CO₂-emissies per jaar vanaf 2050 en investeringskosten (groene lijn) met de huidige snelheid van verduurzaming en de huidige mix van maatregelen. De emissies en kosten van de andere scenario's zijn identiek aan die van Figuren 1 en 2, en worden ter vergelijking getoond. De gestapelde staven bij 'huidige snelheid en mix' geven het aandeel aan van de verschillende onderdelen van de mix.

⁶ Groei aantal warmtepompen neemt af | CBS.

⁷ Er is aangenomen dat alle geïsoleerde woningen geïsoleerd zijn naar de isolatiestandaard. Het geschetste beeld kan dus afwijken van de werkelijkheid.

4.2 Verkenning van drie mogelijke routes

Om elk van de zeven scenario's van Hoofdstuk 3 te bereiken, moeten er 1,86 miljoen woningen verduurzaamd worden in 25 jaar. Dit zijn 74.400 woningen per jaar. Anno 2024 werden maar 53.400 woningen geïsoleerd, en 18.100 warmtepompen geplaatst.

Er moeten dus 21.000 extra woningen per jaar geïsoleerd worden, dat is 39% meer dan in 2024.

Er moeten ook in 56.300 extra woningen per jaar warmtepompen geïnstalleerd worden, dus 311% meer dan in 2024, dat is vier keer zoveel.

Tegelijkertijd geven de cijfers in de Hestia database aan dat er ca. 52.500 ketels per jaar (2024) geplaatst worden in corporatiewoningen, ter vervanging van de oude ketel⁸.

Kunnen wij deze feiten aangrijpen om een efficiëntere invulling van de energietransitie in sociale huurwoningen te bewerkstelligen? Wij schetsen drie verschillende routes, waarbij de efficiëntste investeringen uit Figuur 4 worden meegewogen, alsmede de absolute investeringen.

Ons uitgangspunt is dat het aantal woningen dat per jaar wordt geïsoleerd naar de isolatiestandaard varieert tussen 41.000

(23% minder dan de schatting 2024) en 74.400 (39% meer dan in 2024). Het resterende aantal woningen wordt dan of geïsoleerd naar schillabel D, of niet geïsoleerd.

Betreffende warmtepompen is het uitgangspunt dat bij isolatie naar de isolatiestandaard altijd een all-electric lucht-water warmtepomp geplaatst wordt. Bij geen isolatie kan alleen een hybride warmtepomp geplaatst worden, en bij isolatie naar schillabel D kunnen beiden. In alle gevallen worden dus 74.000 warmtepompen geplaatst per jaar, 4 keer meer dan nu, maar alleen 1,4 keer dan het aantal ketels dat vervangen werd in 2024. Voor de drie routes hierna beschreven is dat een flinke opschaling van de huidige praktijk.

Route 1: Meer warmtepompen installeren

- Isoleren naar standaard vindt alleen plaats in combinatie met het plaatsen van een eWP. Uit Hoofdstuk 3.6 bleek dit een zeer efficiënte investering, terwijl alleen isoleren dat niet is. Dit betreft 41.000 woningen.
- Hybride warmtepompen worden geplaatst in 33.400 woningen, zonder de woning te isoleren: in plaats van ketels te vervangen wordt zoveel mogelijk ingezet op vervanging door een hWP. Dit is niet het meest efficiënt in termen van CO₂-reductie en energielasten-

vermindering, maar leidt toch tot lagere kosten voor de huurder dan in de huidige situatie, en tot meer CO₂-reductie dan bij het plaatsen van een nieuwe ketel. Een groot voordeel van deze optie is dat, door het ontbreken van isolatiewerkzaamheden, de investeringskosten laag zijn. Bovendien zijn hybride warmtepompen redelijk makkelijk te plaatsen als vervanging voor een ketel.

In totaal worden dus per jaar 74.400 woningen per jaar geëquipeerd met een warmtepomp (wat het doel was) in de ratio van 55% lucht-water eWP en 45% hWP. Er worden 41.000 woningen geïsoleerd per jaar, naar de isolatiestandaard: dat is 23% minder dan nu, maar omdat het systematisch gecombineerd wordt met het plaatsen van een all-electric warmtepomp, stijgt de efficiëntie per geïnvesteerde euro flink.

Route 2: Geleidelijk van hWP naar eWP + schillabel D

Deze route is gebaseerd op Route 1. Het verschil met Route 1, is dat, bij de 33.400 hybride warmtepompen ook isolatie naar schillabel D wordt geplaatst, hetzij tegelijkertijd met de hWP, of later. Het biedt dus flexibiliteit in het moment van isoleren, dus ook flexibiliteit in wanneer extra te investeren in isolatie. Na 25 jaar zijn wel alle 33.400 woningen voorzien van schillabel D-isolatie, met de navenante investeringskosten en energielasten.

Er wordt ook een extra stap genomen: na isolatie naar schillabel D, wordt de ketel verwijderd, en de hybride warmtepomp zal werken als all-electric warmtepomp. In de kostenberekeningen gaan wij ervanuit dat de hybride warmtepomp bij plaatsing al all-electric-ready was, i.e. het vermogen is groot genoeg om de piek bij koude dagen op te vangen, en om in warm tapwater te voorzien. De extra kosten voor de boiler, en voor het omzetten van het afgiftesysteem in een LT-systeem worden meegenomen. Wij hebben aangenomen dat er altijd genoeg plek is om een boiler te plaatsen.

Bijkomend voordeel van een geleidelijke aanpak is dat er ook geleerd kan worden in hoeverre de aanvoertemperatuur van de ketel geleidelijk omlaag te brengen is. Dit kan erin resulteren dat een LT-afgifte-systeem niet nodig blijkt te zijn, wat dus voordeliger zou zijn dan getoond in Figuur 6.

⁸ Vergelijkbare cijfers – doch een beetje lager, 45.000 vervangingen – zijn te vinden op [warmte360](#).

Samenvattend bestaat Route 2 uit het volgende:

- Isoleren naar standaard vindt alleen plaats in combinatie met het plaatsen van een eWP. Dit betreft 41.000 woningen.
- All-electric-ready hybride warmtepompen worden geplaatst in combinatie met isolatie naar schillabel D in 33.400 woningen, al dan niet gelijktijdig. Als de isolatie geplaatst is, wordt een boiler vat geüpgraded, en kunnen de hWPs als eWPs werken.

Totaal worden dus per jaar 74.400 woningen geëquipt met een warmtepomp. In de beginjaren met een verhouding 55% eWP, 45% hWP, welke geleidelijk overgaat naar 100% eWP in 2050. Van die 74.000 woningen wordt 45% geïsoleerd naar schillabel D en 55% naar de isolatiestandaard.

Route 3: Geleidelijk van hWP naar eWP + isolatiestandaard

Deze route is vergelijkbaar met Route 2, maar bij de geleidelijke isolatielaag wordt geïsoleerd naar de isolatiestandaard i.p.v. schillabel D. Ook al is het niet strikt noodzakelijk, wordt wel een LT-afgiftesysteem geplaatst. Na isolatie wordt de ketel verwijderd en functioneert de hWP als eWP. Net als bij Route 2 gaan wij uit van een all-electric-ready hWP.

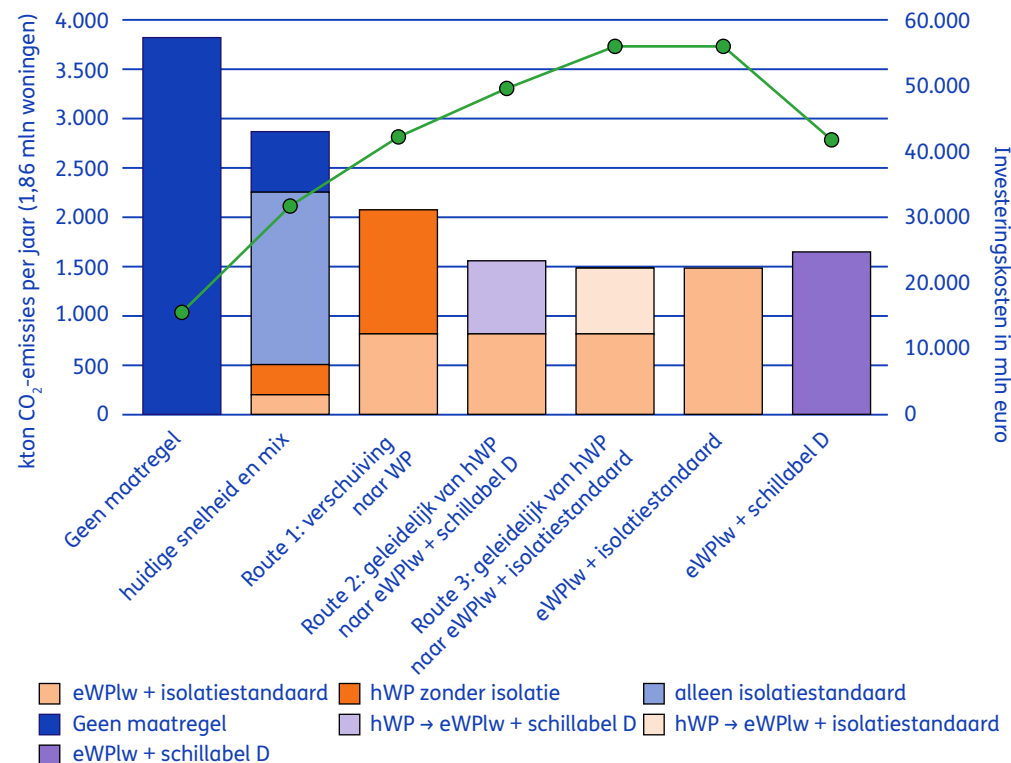
Samenvattend bestaat Route 3 dus uit:

- Isoleren naar standaard in combinatie met het plaatsen van een eWP. Dit betreft 41.000 woningen.
- All-electric-ready hybride warmtepompen worden geplaatst in combinatie met

isolatie naar de isolatiestandaard in 33.400 woningen, al dan niet gelijktijdig. Als de isolatie geplaatst is, wordt een boiler vat geplaatst, het afgiftesysteem geüpgraded, en kunnen de hWPs als eWPs werken.

Figuur 6 geeft aan wat de consequenties zijn over 25 jaar bij de huidige route en Routes 1, 2, en 3. Alle routes zijn duurder dan de huidige, en dat is omdat er veel meer woningen per jaar aangepakt worden, zodat in 2050 de hele woningvoorraad is verduurzaamd.

Route 1, waarbij zoveel mogelijk hybride warmtepompen geplaatst worden, en er uitsluitend geïsoleerd wordt naar standaard in combinatie met eWPs, levert ten opzichte van de huidige route een aanzienlijke CO₂-besparing van bijna 28%. Wel zijn de investeringskosten voor deze route 33% hoger dan de huidige route. Wat het betekent voor de energielasten kan per onderdeel afgeleid worden uit Figuur 3. De kosten voor route 1 zijn vergelijkbaar met die van 'eWPlw+schillabel D' maar leiden tot minder CO₂-uitstoot. De CO₂-uitstoot bij Route 2 ligt zoals verwacht tussen die van 'eWP + isolatiestandaard' en 'eWP+ schillabel D', net zoals de kosten. De CO₂-uitstoot en de kosten bij Route 3 zijn uiteraard dezelfde als bij 'eWP + isolatiestandaard'.

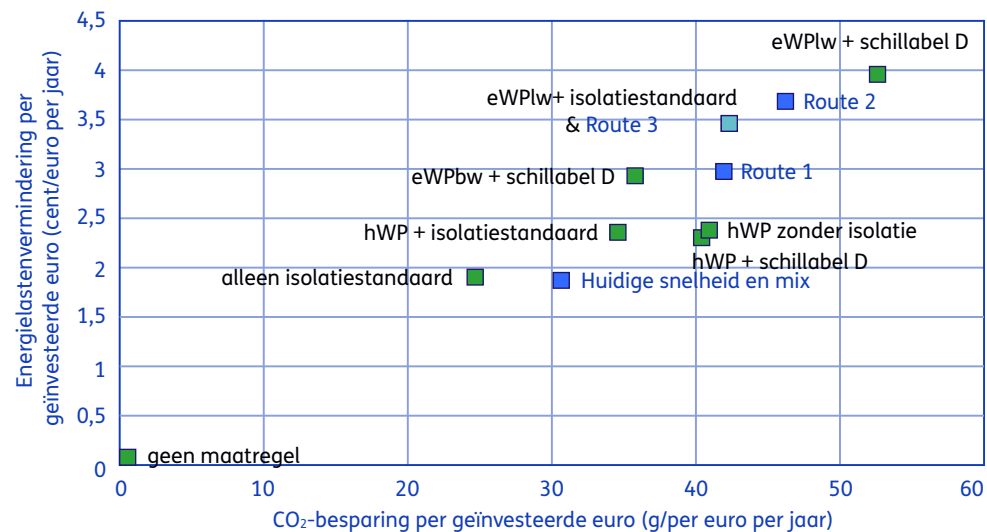


Figuur 6: CO₂-emissies per jaar vanaf 2050 en investeringskosten (groene lijn) voor de huidige snelheid van verduurzaming en de huidige mix van maatregelen en voor Routes 1, 2 en 3. De emissies en kosten van het scenario 'eWP + isolatiestandaard' en 'eWP + schillabel D' zijn identiek aan die van Figuren 1 en 2, en worden ter vergelijking getoond. De gestapelde kolommen geven het aandeel aan van de verschillende onderdelen van de route.

Betreffende de energielasten, die zijn afhankelijk van de installatie en isolatie die een bepaalde woning krijgt. In alle routes behalve de huidige, krijgt meer dan de helft van de huurders de laagst mogelijke lasten (die van 'eWPlw + Isolatiestandaard', zie Figuur 3). De andere huurders krijgen eerst de hogere energielasten kenmerkend voor de hybride warmtepompen zonder isolatie (zie Figuur 3), maar deze lasten zijn lager dan in de huidige situatie. Vanaf het

moment dat de woningen geïsoleerd zijn en dat de hWPs als eWPs functioneren, dalen de lasten ook tot de laagst mogelijke. In Figuur 7 is te zien dat de huidige route de minst efficiënte is als gekeken wordt naar CO₂-besparing en energielastenvermindering per geïnvesteerde euro. Bij de drie voorgestelde routes krijgt men aan het einde van de rit meer CO₂-besparing en lagere lasten per geïnvesteerde euro. De absolute investeringen zijn wel hoger.

CO₂-besparing en energielastenvermindering per geïnvesteerde euro



Figuur 7 : Effect van een geïnvesteerde euro op CO₂-besparing en op de vermindering van energielasten in de verschillende routes.

4.3 Conclusies over de verschillende routes

Uit dit hoofdstuk blijkt dat het met de huidige route niet gaat lukken om de doelstelling van gasvrije corporatiewoningen in 2050 te bereiken. Daarvoor worden te weinig warmtepompen geplaatst en wordt te vaak gekozen voor alleen isoleren, terwijl isoleren vooral efficiënt is als het gecombineerd wordt met het plaatsen van warmtepompen.

Ook is duidelijk geworden dat het probleem niet opgelost kan worden zonder substantiële extra investeringen. Binnen deze randvoorwaarden lijkt het logisch om te kiezen voor routes die een hoog rendement in termen van CO₂-besparing en energielastenvermindering per geïnvesteerde euro

hebben. Hierbij mag het doel niet uit het oog worden verloren en investeringen in fossiel-afhankelijke technologieën zoals hybride warmtepompen zijn alleen zinvol als overgangmaatregel.

Een gefaseerd uitvoeringsbeleid waarbij niet alle maatregelen tegelijkertijd genomen worden kan het mogelijk maken om meer vaart te maken bij de verduurzamings-opgave: bijvoorbeeld een aanpak waarbij zoveel mogelijk hybride warmtepompen geplaatst worden wanneer de ketel aan vervanging toe is. Isolatie kan later geplaatst worden, en de warmtepomp kan dan, mits goed gedimensioneerd, en er ruimte is voor een boilervat, dienen als all-electric warmtepomp.

5 Randvoorwaarden voor een gefaseerde aanpak

In dit hoofdstuk reflecteren wij op een aantal belangrijke randvoorwaarden voor het slagen van de aanpak. Dit betreft comfort en gezondheid, ruimtebeslag en constructieve aanpassingen, netcongestie, competitie met warmtenetten, koeling en lock-in effect.

5.1 Comfort & gezondheid

Het verbeteren van comfort & gezondheid is een belangrijke doelstelling bij woningrenovatie en verduurzaming. In onze studie is de optie all-electric warmtepomp in combinatie met schillabel D-isolatie meegewogen, en die blijkt in termen van investeringen, CO₂-besparing en energielasten goed te scoren. Het is echter de vraag hoe goed deze optie is voor het comfort van bewoners. Woningen met schillabel D-isolatie halen per definitie de isolatiestandaard niet. Omdat minder goed geïsoleerde woningen in de praktijk vaak toch minder energie gebruiken dan modellen aangeven⁹ wordt in de praktijk getwijfeld of het nodig is het isolatiestandaard te halen. Er lopen een aantal proefprojecten in deze richting¹⁰ maar langetermijn monitoring van comfort ontbreekt nog. Of isolatie naar schillabel D

in de praktijk genoeg is voor een goed comfort bij het gebruik van all-electric warmtepompen zal grootschaliger bewezen moeten worden. Een geschakeerde aanpak waar men eerst een all-electric-ready hybride warmtepomp plaatst, en pas overgaat naar all-electric werking bij bewezen comfort met lage temperatuur, kan daarbij helpen.

Problemen met het thermisch comfort kunnen zich trouwens ook voordoen als het vermogen van de warmtepomp hoog genoeg is: het hangt niet alleen af van het vermogen van de installatie (en dus van de binnenluchttemperatuur), maar ook van de oppervlaktetemperatuur van radiatoren, muren, vloeren, plafonds en ramen. Deze oppervlaktetemperatuur hangt af van de mate van isolatie en van de temperatuur van het afgiftesysteem.

In een deel van de woningvoorraad van corporaties zijn er vocht -en schimmelproblemen¹¹. Het plaatsen van hybride warmtepompen zonder isolatie zal deze problemen niet oplossen. Die moeten apart aangepakt worden door betere ventilatiesystemen en zorgvuldige isolatie met

name bij koudebruggen. Daarvoor is isolatie naar schillabel D waarschijnlijk niet genoeg. Hetzelfde geldt voor problemen met koudetocht.

5.2 Ruimtebeslag & constructieve aanpassingen

Wij zijn ervan uitgegaan dat het plaatsen van een warmtepomp technisch altijd kan. Maar ruimtegebrek in woningen kan een belangrijke barrière zijn. Is er genoeg plek voor de warmtepomp en voor de buffervat? Soms kan een extra technische ruimte geïnstalleerd worden, bijvoorbeeld op een balkon, mits dat acceptabel is voor de huurder. Soms kan een klein collectief systeem soelaas bieden. Dit kan extra kosten met zich meebrengen, die in de studie niet meegenomen zijn.

5.3 Netcongestie & energiemangement

Over de impact van warmtepompen op netcongestie lopen de cijfers uiteen¹². Data gebruikt door netbeheerders en beleidsmakers geven hogere vermogens aan dan data uit recent gemonitorde projecten. De installatiemonitor en netbeheerders geven een piek van 1.5 à 3 kW

voor hybride warmtepompen en 2-6 kW voor all-electric warmtepompen. De piek is echter afhankelijk van de grootte van de woningen en van de gelijktijdigheidsfactor, welke niet altijd duidelijk is in de studies. In onze studie was de piek voor hybride warmtepompen gemiddeld 1.2-1.4 kW afhankelijk van het isolatieniveau. Voor all-electric warmtepompen was dat rond 3 kW. Monitoringsgegevens in de praktijk geven vaak lagere pieken aan, meestal onder 2 kW.

Energiemanagementsystemen kunnen helpen met de reductie van de piekvraag en de benodigde flexibiliteit tussen energieaanbod en vraag. Bijvoorbeeld bij een hybride warmtepomp wordt de piek door de ketel opgevangen, waardoor het elektriciteitsnet minder wordt belast. In netcongestiegebieden kan het dus handig zijn om de verduurzaming te beginnen met een hybride warmtepomp, zoals voorgesteld in Routes 1-3. Voor all-electric warmtepompen komt het neer op slim energiemangement waarbij pieken afgevlakt worden door bijvoorbeeld eerder te beginnen met verwarmen en de thermische massa van de constructie beter

⁹ [Performance gaps in energy consumption](#) (P. vd Brom); [Actual energy saving effects of thermal renovations](#) (P. vd Brom) [Actual heating energy savings in thermally renovated Dutch dwellings](#) (Majcen D.).

¹⁰ Zie bijvoorbeeld proefproject [Opgewekt Wonen](#).

¹¹ [De ervaring van bewoners in gerenoveerde woningen](#) (woonbond, 2023); [Vocht en schimmel in woningen](#), TNO, 2020.

¹² [Energietransitiedataset: feiten verduurzamen woningen](#) van Stroomversnelling.

te benutten. Dit vraagt ook wat van de aanpassingsvermogen van bewoners, omdat de manier van verwarmen dan anders is dan ze gewend zijn, of prettig vinden¹³.

5.4 Warmtenetten

In deze studie is geen rekening gehouden met het plaatsen van nieuwe warmtenetten. Warmtenetten kunnen wel een belangrijke rol spelen in de transitie naar duurzame warmte. Hierbij rijst de vraag in hoeverre het grootschalig installeren van warmtepompen een hinder is voor de toekomstige ontwikkeling van warmtenetten. Wij zetten hieronder een aantal denkrichtingen:

- Collectieve warmte kent een lange planning- en voorbereidingsfase van ongeveer 7 jaar, en de gebieden waar die mogelijk komt, worden lang van te voren vastgelegd in de gemeentelijke warmteplannen. Waar nu nog geen warmtenetten gepland zijn, zullen die er de komende jaren waarschijnlijk niet komen. De levensduur van een warmtenet is minimaal 30-60 jaar, terwijl die van een warmtepomp 15-20 jaar is. Het plaatsen van warmtepompen nu hindert dus niet de aansluiting op een warmtenet 15 jaar later.
- Net zoals met warmtepompen is de vraag welk isolatieniveau nodig is om te kunnen aansluiten op een modern lagetemperatuurwarmtenet. Isolatiestandaard of schillabel

D-isolatie? Bezien vanuit energielasten voor de bewoners, is de isolatiestandaard uiteraard altijd voordeliger (zie Figuur 3). Bij zeer lagetemperatuurnetten (ZLT) zal extra geïsoleerd moeten worden, of een combinatie van ZLT-net met warmtepompen gebruikt moeten worden. Voor warmtapwater zal toch een (al dan niet collectieve) warmtepomp nodig zijn, waarbij de optie om de warmtepomp ook te gebruiken voor ruimteverwarming interessant wordt: i.p.v. buitenlucht of de bodem te gebruiken als warmtebron, kan de warmtepomp het lagetemperatuur water van het ZLT-net als bron gebruiken. Omdat de bron-temperatuur dan hoger is dan die van lucht of bodem, zal het rendement van de warmtepomp ook hoger zijn.

5.5 Koeling

Door klimaatverandering en verstedelijking (hitte-eilandeffect) stijgt de koelingvraag¹⁴ en worden steeds meer airco's geplaatst. Omdat een airco niets anders is dan een lucht-lucht warmtepomp, worden de reversibele modellen ook steeds vaker voor verwarming gebruikt. Huidige lucht-water warmtepompen in de residentiële sector leveren warmwater voor het afgiftesysteem (radiatoren of vloerverwarming). Koelen via radiatoren en vloerverwarming is bij een reversibele uitvoering mogelijk, maar het koelvermogen blijft beperkt vanwege het risico op condensatie op de radiator- en

vloeroppervlakken. Wil men de temperatuur volledig kunnen beheersen, zal de reversibele warmtepomp dus ook gekoelde lucht moeten leveren via het ventilatiesysteem. Daarvoor is mechanische toevoerventilatie nodig en vereist dit extra leidingen tussen de warmtepomp en de luchttoevoer. Hier ligt dus een uitdaging, zeker in het licht van de concurrentie met reversibele airco's.

Ook ZLT-warmtenetten zijn prima in staat koeling te bieden. Als de temperatuur van de ZLT-net laag genoeg is kan ventilatielucht direct gekoeld worden. Bij een hogere temperatuur zal een warmtepomp in koelmodus nodig zijn, waardoor de optie van ZLT in combinatie met warmtepompen, zoals beschreven in paragraaf 5.4, aantrekkelijker wordt.

Kortom, het is wijs om ook koeling mee te nemen bij de afweging van duurzame warmteoplossingen.

5.6 Lock-in

In de drie routes beschreven in dit artikel wordt, in 45% van de woningvoorraad, begonnen met de meest efficiënte van de laagste investeringen: de hybride warmtepomp zonder isolatie en pas daarna wordt er geleidelijk geïsoleerd. Omdat de energielasten en de CO₂-uitstoot met de hybride warmtepomp onmiddellijk flink verminderen, kan het gebeuren dat de stimulans om verder te isoleren verdwijnt:

een lock-in-effect. In dat geval zal men blijven hangen in een niet-gasvrij energiesysteem en zullen de energielasten van bewoners niet het laagst mogelijk zijn. De aanbeveling hier is om bewust te blijven sturen op isolatiemaatregelen.

¹³ Zie IEBB rapporten: [The actual performance of energy renovation in Dutch housing](#), IEBB2 (O. Guerra Santin et al) en [Beter gebruikersgericht ontwerp voor energierenovaties](#), S. Boess.

¹⁴ [Rol van airconditioning in de elektriciteitsvraag \(energy.nl\)](#), V. Rovers.

6 Reflecties en conclusies

6.1 Reflecties

Bij deze studie zijn een aantal aannames gemaakt die de resultaten kunnen beïnvloeden. Wij geven hieronder een overzicht:

- Er zijn vrij conservatieve rendementen voor warmtepompen gebruikt, zie Bijlage 2. Die worden geacht representatief te zijn voor actuele prestaties van warmtepompen over de gehele woningvoorraad. Er wordt aanbevolen om verder te onderzoeken in hoeverre deze rendementen geactualiseerd zouden moeten worden.
- De kostenkengetallen zijn de zogenoemde Eindgebruikerskosten¹⁵. Kosten gemaakt door woningcorporaties in de planning en ontwerpfase zijn niet meegenomen, net zo min als kosten voor het opzetten van bewonersparticipatie, eventuele verhuizingen tijdens renovatie, of andere tegemoetkomingen. Daardoor zullen de werkelijke kosten van verduurzaming voor corporaties¹⁶ groter zijn dan in onze studie aangenomen is.
- Er is geen rekening gehouden met mogelijke huurverhoging bij het plaatsen van warmtepompen. Als deze huurverhoging meegenomen wordt, gaan de energielasten (inclusief huurverhoging) voor bewoners omhoog in alle scenario's behalve '*alleen isolatiestandaard*' (bij isolatie wordt geen huurverhoging toegestaan). Woningcorporaties verdienen dan een deel van hun investering terug.
- Voor de investeringskostenberekening is gekeken naar een periode van 25 jaar, waarbij de vervanging van componenten aan het einde van hun levensduur is meegenomen. Op projectniveau kunnen de kosten anders uitpakken: Bij schillabel D-isolatie, of bij het plaatsen van een hybride warmtepomp zonder te isoleren, hoeven onderdelen van vloeren en daken niet vervangen te worden, in tegenstelling tot isoleren naar de isolatiestandaard, die bewerkelijker is. Deze vervangingskosten hoeven op projectniveau niet meegenomen te worden. Die zullen later optreden (en daarom zijn ze in deze studie meegenomen).
- In deze studie is aangenomen dat 1,86 miljoen woningen een individuele warmtepomp krijgen. Wij hebben dus geen rekening gehouden met collectieve warmte. Voor semicollectieve oplossingen, zoals een warmtepomp per appartementenblok i.p.v. per appartement, kunnen de kosten net anders zijn dan in onze studie.

- Uiteindelijk is in de startsituatie '*huidige snelheid en mix*' het aantal woningen (53.400) dat geïsoleerd wordt naar de isolatiestandaard waarschijnlijk overschat, en wordt met het huidige tempo nog minder bereikt dan aangegeven in de studie.

6.2 Conclusies

Uit het onderzoek blijkt dat met het huidige verduurzamingstempo en de keuze om vooral te isoleren, het niet gaat lukken om de doelstelling van gasvrije corporatiewoningen in 2050 te bereiken. Daarvoor worden vier keer te weinig warmtepompen geplaatst en wordt er ook nog te weinig geïsoleerd.

De zeven onderzochte verduurzamings-scenario's en de drie bestudeerde routes leiden allemaal tot lagere CO₂-emissies en energielasten dan in de situatie anno 2024.

De absolute investeringen, energielasten en CO₂-besparing van de verschillende scenario's zijn onderzocht, alsook hun investeringsefficiëntie: CO₂-besparing en energielasten per geïnvesteerde euro. Er is gebleken dat enkel isoleren de minst efficiënte investering is, terwijl all-electric warmtepompen in combinatie met isolatie naar schillabel D of naar de isolatiestandaard

de meest efficiënte investeringen zijn. Hybride warmtepompen zitten in het midden tussen deze extremen, met het voordeel dat ze relatief goedkoop zijn, en het nadeel dat ze tot minder hoge CO₂-besparing (er wordt nog steeds aardgas gebruikt) en energielastenvermindering leiden.

Het bereiken van 100% all-electric warmtepompen in 2050, in combinatie met isolatie naar schillabel D of naar de isolatiestandaard is nodig om (buiten warmtenetten) een CO₂-vrije corporatiewoningvoorraad te bereiken. Een nadeel van alle opties waar geïsoleerd wordt naar de isolatiestandaard is de hogere absolute investering ten opzichte van isoleren naar schillabel D. De combinatie all-electric warmtepomp met isolatie naar schillabel D blijkt de meest efficiënte investering, en maakt het mogelijk om sneller dan met 'eWPs met isolatiestandaard' meer woningen toegang te geven tot lagere energielasten en sneller meer CO₂ te besparen. Maar de vraag blijft of schillabel D in de praktijk genoeg is voor een goed comfort. Dit behoeft extra onderzoek.

Duidelijk is dat er substantiële extra investeringen nodig zijn om de

¹⁵ [Eindgebruikerskosten](#).

¹⁶ [cijfers-bij-staat-corporatiesector-2026.ods](#).

doelstellingen in 2050 te bereiken. Er is opschaling nodig van het aantal geplaatste warmtepompen, en van het aantal isolaties. Beide hoeven echter niet tegelijkertijd plaats te vinden, en een gefaseerde aanpak moet mogelijk zijn: het gaat bijvoorbeeld om zoveel mogelijk hybride warmtepompen te plaatsen wanneer de ketel aan vervanging toe is. Isolatie kan later geplaatst worden, en de warmtepomp kan dan, mits goed gedimensioneerd en er ruimte is voor een boiler, dienen als all-electric warmtepomp. In die zin kunnen hybride-warmtepompen een zinvolle rol spelen als overgangsmaatregel omdat er dan niet gewacht hoeft te worden op isolatie. Bijkomend voordeel is dat het mogelijk maakt gaandeweg te testen of het huidige afgiftesysteem voldoende zal zijn voor lage temperatuur, of dat het geüpgraded zal moeten worden. Nadeel is een mogelijk lock-in effect: doordat men tevreden is met een hybride warmtepomp zal men wellicht nooit overgaan naar isolatie.

Bij deze studie is aangenomen dat er genoeg ruimte is in de woning voor het plaatsen van een all-electric warmtepomp. Dit zal echter niet altijd kunnen. Ook kan netcongestie de transitie naar all-electric in sommige buurten vertragen, en zal energiemangement een grotere rol moeten spelen. Tenslotte hindert het plaatsen van warmtepompen niet het aansluiten op warmtenetten later, omdat warmtepompen een veel kortere levensduur hebben dan warmtenetten, en wordt er aanbevolen om oplossingen voor de koelingsvraagstuk mee te nemen in het ontwerp van warmteoplossingen.

Bijlage 1 Isolatie-niveaus

B1.1 Schillabel

Het schillabel is een concept dat wordt gebruikt in beleidsanalyses door o.a. PBL en RVO, bv voor [Startanalyse](#), zie PBL [Publicatie 1](#) en [Publicatie 2](#), om isolatie-niveaus te duiden. Het komt ongeveer overeen met de isolatie die nodig is om een bepaald label te bereiken als de woning een HR-ketel voor ruimte- en tapwater-verwarming heeft en geen PV-panelen.

Schillabel D komt overeen met tabel B1.1 waarbij spouwisolatie afhankelijk is van de bouwperiode.

Om deze schillabels te berekenen is gebruik gemaakt van fitting met data uit WoON2018 en data van DGMR. Er is onderscheid gemaakt tussen eengezinswoningen en meergezinswoningen.

Bouwdeel	Schillabel D
Raam en kozijn [W/m²K]	$U = 1.20$ (HR++) W/m²K
Spouwmuur [m²K/W]	$R_c = 1.30$ tot 1.80 m²K/W
Vloer & Dak	Geen extra isolatie

Tabel B1.1: Isolatiewaarden bij schillabel D, zoals gebruikt in Hestia.

B1.2 Isolatiestandaard

De isolatiestandaard is het niveau van isolatie dat een woning moet krijgen om verwarmd te kunnen worden met een temperatuur van 50 graden. Dit kan uiteraard op verschillende manieren verkregen worden. Er is gekozen voor de waarden zoals aangegeven in Tabel 24 van het Nieman-rapport [Standaard en streefwaarde bestaande bouw](#), zie tabel B1.2.

Bouwdeel	Isolatiestandaard
Kierdichting	$q_{v;10} = 0.70$ dm³/s/m²
Raam en kozijnen	$U = 1.20$ (HR++) W/m²K
Paneel	$R_c = 1.30$ m²K/W
Spouwmuur	$R_c = 1.30$ m²K/W
Dak	$R_c = 3.50$ m²K/W
Vloer	$R_c = 3.50$ m²K/W

Tabel B1.2: Isolatiewaarden bij isolatiestandaard, zoals gebruikt in Hestia.

Bijlage 2 Uitgangspunten van de studie

B2.1 Aantal woningen

Alle sociale huurwoningen die in 2024 nog een HR- of VR-ketel hebben worden meegenomen (1,86 mln woningen). Van deze woningen is in Hestia bekend dat, in de startsituatie:

- 1,1 mln geen tot weinig isolatie heeft
- 0,76 mln is geïsoleerd naar schillabel D.

B2.2 Rendementen installaties

De rendementen (seizoengemiddelden) van de verschillende installaties zijn

gebaseerd op een studie van CE Delft, en worden gebruikt in de [Startanalyse](#). Het zijn redelijk conservatieve rendementen, om rekening te houden met het feit dat niet alle warmtepompen in praktijk volgens verwachtingen presteren. Het houdt dus geen rekening met recente verbeteringen in ontwerp, inregeling en onderhoud van warmtepompen. De gebruikte seizoensrendementen (SPF) worden in Tabel B2.1 weergegeven.

Type installatie	SPF ruimteverwarming	SPF warm tapwater
HR-ketel	1,04	0,76
VR-ketel	0,83	0,72
eWPlw + isolatiestandaard	4,66	1,75
eWPlw +schillabel D	3,39	1,75
eWPbw + schillabel D	3,61	3
hWP + isolatiestandaard	3,12	0,76
hWP+ schillabel D	2,71	0,76
hWP zonder isolatie	2,49	0,76

Tabel B2.1 SPF's (seizoensrendement) voor ruimteverwarming en warm tapwater.

B2.3 CO₂-emissiefactoren

De emissiefactoren worden constant verondersteld over alle jaren, met peil 2024. Die zijn afkomstig uit [Energie- en emissiefactoren elektriciteit, update 2024 | CBS](#)

- Aardgas: 55,6 kgCO₂/GJ = 0,2 kgCO₂ /kWh
- Elektriciteit: 0,19 kgCO₂/kWh

Er wordt dus geen rekening gehouden met een toekomstige verduurzaming van de elektriciteitsproductie. In 2024 bestaat de elektriciteitsmix uit 51% hernieuwbare energie, en dit blijft zo tot en met 2050.

B2.4 Investeringskosten

De kosten zijn gebaseerd op de [eindgebruikerskostenstudie](#), ontwikkeld door het ministerie van VRO, RVO en TNO om inzicht te geven in de kosten voor bewoners. Er is geen rekening gehouden met lagere kosten door schaalvoordeel bij uitvoering op projectbasis.

Installaties

Tabel B2.2. geeft de investeringskosten voor installaties, inclusief btw en installatiekosten, prijspeil 2024. De investeringskosten worden constant verondersteld over alle jaren tot en met 2050.

Type installatie	Formule gebruikt in de berekeningen	Gemiddelde investering over 1,86 mln woningen (€)
Ketel	2.709 euro/aansluiting	2.709
hWP inclusief ketel	3.520 euro/aansluiting + 380 euro/kW	7.792
eWPlw of all-electric-ready hWP	5.747 euro/aansluiting + 1074 euro/kW	11.610
eWPbw	10.117 euro/aansluiting + 1.340 euro/kW	25.573
LT-afgiftesysteem	1.100 - 3.200 euro/aansluiting afhankelijk woningtype en m ² vloer.	2.224

Tabel B2.2 Investeringskosten voor installaties, inclusief btw en installatiekosten.

Isolatie	Gemiddelde investering over 1,86 mln woningen (€)
Schillabel D	4.307 euro/woning
Isolatiestandaard	11.316 euro/woning

Tabel B2.3 Investeringskosten voor isolatie, inclusief btw en installatiekosten.

Isolatie

Tabel B2.3 geeft de investeringskosten voor isolatie, inclusief btw (21% materialen, 9% arbeid) en installatiekosten, prijspeil 2024. De investeringskosten worden constant verondersteld over alle jaren tot en met 2050.

B2.5 Kosten van vervangingen gedurende de komende 25 jaar

Er is rekening gehouden met vervangingen van componenten door het bereiken van het einde van hun levensduur. Gezien de levensduur van ketels en ventilatiesystemen (15 jaar) en van daken en ramen (25 jaar), gaan wij ervan uit dat die voor alle woningen één keer in de komende 25 jaar vervangen moeten worden. Dit zijn dus kosten die bij 'geen maatregelen' ook zullen optreden.

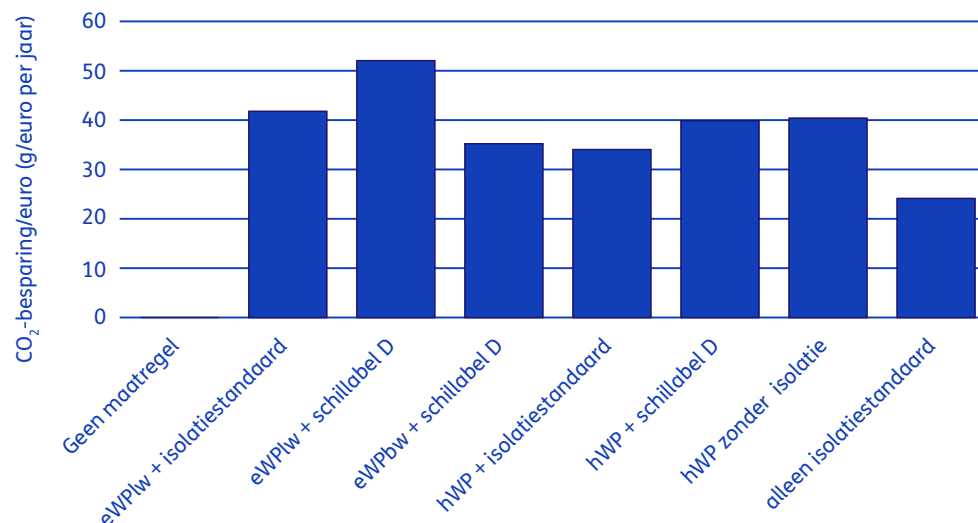
Gemiddeld over de 1,86 miljoen woningen en over de totale periode van 25 jaar is dit 5.675 euro per woning voor daken, ramen en ventilatie samen. Deze kosten worden meegenomen in alle scenario's. Voor ketels is dit 2.709 euro per woning en geldt alleen voor de scenario's zonder een all-electric warmtepomp.

B2.6 Energieprijzen

Voor gas- en elektriciteitskosten wordt de data uit [KEV2025](#) gebruikt, prijspeil 2024. Dit is inclusief btw, vaste en variabele leveringstarieven, energiebelasting, energiebelastingvermindering en eventuele netwerkkosten.

Bijlage 3 Effectiviteit van investeringen

CO₂-besparing per geïnvesteerde euro



Figuur B3.1: CO₂-besparing per jaar per geïnvesteerde euro.

De effectiviteit van investeringen wordt in Figuur B3.1 voor CO₂-besparing getoond, en in Figuur B3.2 voor de energierekening van de huurder.

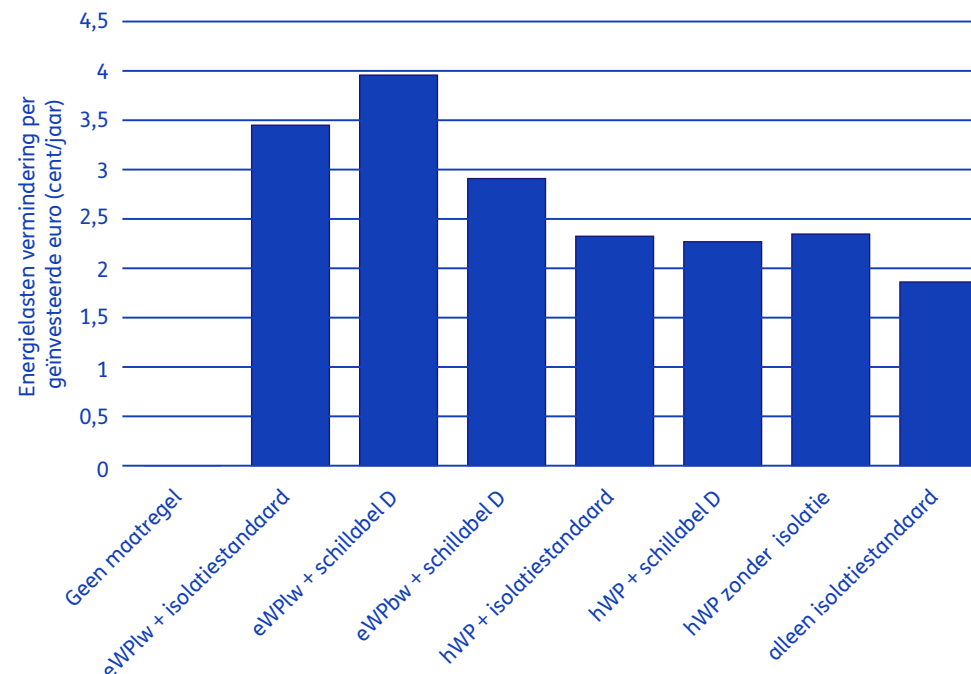
CO₂-besparing per geïnvesteerde euro:

De berekeningen voor Figuur B3.1 zijn gemaakt op basis van de totale CO₂-uitstoot en investeringen per scenario, voor 1,86 mln woningen (Figuren 1 en 2). De CO₂-besparing is berekend t.o.v. de referentie 'geen maatregel'. Voor de investering is de totale investering van het scenario meegenomen, dus inclusief de eventuele kosten voor vervangingen, zoals getoond in Figuur 2.

De lucht-water elektrische warmtepompen reduceren het meest de CO₂-uitstoot per geïnvesteerde euro, gevolgd door de hybride warmtepompen.

- eWPlw met schillabel D is de meest efficiënte investering
- Voor de hWPs, maakt niet isoleren of isoleren naar schillabel D nauwelijks iets uit
- Isoleren naar de isolatiestandaard is altijd minder efficiënt dan isoleren naar schillabel D
- Alleen isoleren naar de isolatiestandaard is de minst efficiënte investering.

Energielastenvermindering per geïnvesteerde euro



Figuur B3.2: Gemiddelde energielastenvermindering per jaar per geïnvesteerde euro.

Vermindering van de energielasten per geïnvesteerde euro:

In de berekeningen voor Figuur B3.2 is dezelfde werkwijze gehanteerd als voor Figuur B3.1, waarbij de investeringen eerst zijn teruggebracht tot een gemiddelde investering per woning.

Per euro geïnvesteerd in eWPlw met isolatiestandaard wordt per jaar 3,45 cent bespaard op de energierekening. Dit lijkt niet veel, maar is dat wel. Figuur 2 over

investeringskosten geeft aan dat de kosten voor deze scenario 55.963 miljoen euro zijn voor 1,86 mln woningen. Dat is dus 30.088 euro/woning. De reductie op de energierekening is dus $0,0345 \times 30.088 = 1.038$ euro per jaar, wat substantieel is, zie ook Figuur 3.

- De meest efficiënte optie (met de hoogste energielastenvermindering) is de eWPlw, met schillabel D.
- hWP met schillabel D, en alleen isolatiestandaard scoren het laagst.

Bijlage 4 Verduurzamingssnelheid in 2024

Isolatie

Een schatting van het aantal geïsoleerdere woningen per jaar (2024) is gemaakt op basis van twee publicaties:

[Sectorrapportage Aedes-benchmark - Duurzaamheid - Nederland](#), en [Aedes-benchmark-2024-november-2024](#).

De eerste publicatie geeft het aantal woningen per jaar aan, waarin een bepaald component is geïsoleerd: 11.000 à 84.000, variërend met component (dak, vloer, gevel of ramen). Er worden geen combinaties van maatregelen weergegeven, waardoor het onmogelijk is in te schatten hoeveel woningen naar schillabel D of naar het standaard geïsoleerd zijn.

In de tweede publicatie worden cijfers weergegeven over veranderingen in energielabels in 2024:

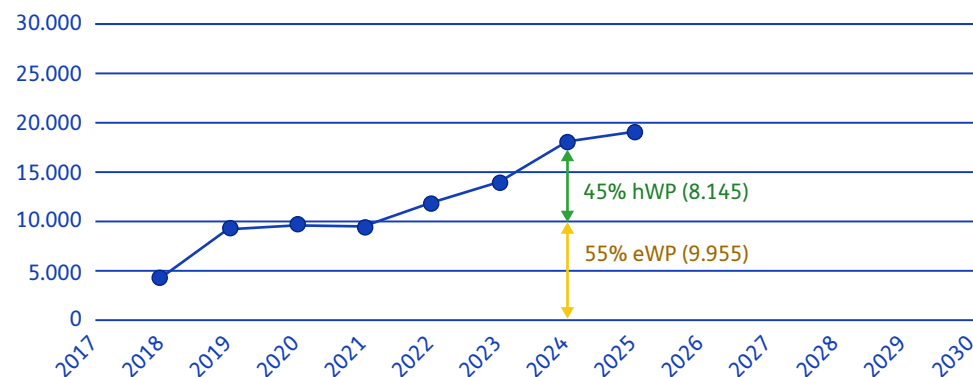
- vermindering aantal woningen met labels G, F, E: 37.800 woningen, inclusief [sloop](#) (7974 woningen). Wij gaan ervan uit dat het verschil aangeeft welke woningen een beter label hebben gekregen, en wij gaan ook ervan uit dat isolatiemaatregelen in alle woningen genomen zijn: 29.826 woningen.
- vermindering aantal woningen met label D: 23.600 woningen. Wij gaan ervan uit dat deze woningen naar een hoger label gebracht zijn, en dat daar ook extra isolatie is aangebracht.

Met deze aannames schatten wij in dat 53.426 (29.826+23.600) woningen zijn geïsoleerd naar schillabel D of naar isolatiestandaard in 2024. In de studie is dit aantal afgerond tot 53.400. Er is een reële kans dat dit aantal is overschat omdat een verandering in energielabel ook verkregen kan worden zonder isolatie, door het vervangen van een ketel met een hybride warmtepomp, of door aansluiting op een warmtenet.

Installaties

Op basis van de publicatie [AedesDatacentrum - Veilige en duurzame woningen - Nederland](#) (grafiek 'Woningen aangesloten op aardgasvrije bronnen') kan het aantal warmtepompen geïnstalleerd per jaar ingeschat worden, zie Figuur B4.1. In 2024 was dat 18.100. Voor de verdeling tussen hWPs en eWPs wordt 45/55 % aangehouden, gebaseerd op voorlopige [CBS data 2024](#).

Aantal WP geplaatst per jaar (AEDES)



Figuur B4.1: Aantal geplaatste warmtepompen per jaar.

Auteurs

Laure Itard, Casper Tigchelaar,
Viraisha Bhoewar, Kim Fernández Gómez

Rapportnummer

TNO 2026 R10183

TNO innovation
for life

tno.nl