



# Haalbare CO<sub>2</sub>- reductie

## Haalbare CO<sub>2</sub>-reductie in de grondgebonden woningbouw

Definitief, 12 juli 2021

**D**wa

**Datum**

19 juli 2021

**Projectnummer**

19642

**Status**

Definitief

**Opdrachtgever**

NVDE

A. Costeris

**Uitgevoerd door**

DWA B.V.

Postbus 2073

2800 BE Gouda

**Auteurs**

Ir. Dick van 't Slot

**Leden klankbordgroep en denktank**

Deze rapportage kwam tot stand dankzij de medewerking van een aantal belangrijke partners van de NVDE. Wij danken hen voor de constructieve feedback in deze sessie.

# Inhoudsopgave

---

1. Vraagstelling	4
2. Samenvatting	5
3. Analyse woningen	8
4. Besparingsmaatregelen	11
5. Berekeningsresultaten	18
6. Totaalresultaat	24
7. Alternatief warmtenet	27

## Vraagstelling



De hoofdvraag voor dit onderzoek luidt als volgt:

“Welke mate van CO<sub>2</sub>-reductie is haalbaar binnen de grondgebonden woningbouw met financieel haalbare maatregelen en wat is de impact van een aantal stimulerende maatregelen op dit vlak?”

## Kader



Vanuit het klimaatakkoord heeft Nederland de ambitie uitgesproken om te komen tot een reductie van de CO<sub>2</sub>-uitstoot van 49% in 2030 oplopend naar bijna 100% in 2050. Voor de gebouwde omgeving ligt er een concreet doel van een reductie van de emissie met 3.400 kton in 2030. Deze doelstelling kan bereikt worden door een combinatie van zowel besparende maatregelen als de efficiënte en duurzame opwekking van energie.

### Besparing

De eerste optie betreft energiebesparende maatregelen. Hiertoe is een standaard vastgesteld, waarbij een maximale energievraag in kWh/m<sup>2</sup> als doelstelling is neergelegd. DWA heeft voor Enpuls op basis van voorlopige waarden voor de

Standaard inzichtelijk gemaakt welke maatregelen nodig zijn en wat bijbehorende kosten en besparingspotentieel is.

### Opwekking

In de woningbouw zijn de belangrijkste concepten voor efficiënte en duurzame opwekking van warmte de volgende:

- Hybride warmtepomp
- All-elektrische warmtepomp
- Warmtenet
- Biogas/waterstofgas

In deze studie zijn de mogelijkheden onderzocht van woninggebonden oplossingen, dus exclusief de opties voor warmtenet of duurzaam gas.

### Haalbaarheid

In dit onderzoek is gekeken naar de mate waarin deze maatregelen leiden tot een kosteneffectieve oplossing. Concreet: welke mate van CO<sub>2</sub>-reductie is in de woningbouw haalbaar wanneer een zekere terugverdientijd als maximale waarde wordt gehanteerd.

Bij de berekende CO<sub>2</sub>-reducties zijn de extra emissies door het verhoogde elektriciteitsgebruik niet meegerekend. Deze emissies vallen namelijk niet onder de gebouwde omgeving, maar onder de energieopwekking.

The image features a light gray background with a decorative, wavy pink shape at the bottom. The pink shape has a central peak and two side peaks, creating a stylized, organic form. The word "Samenvatting" is written in white text on the left side of the pink shape.

Samenvatting



## Samenvatting belangrijkste resultaten

In deze studie is gekeken naar de mogelijkheden die er liggen om CO<sub>2</sub>-reductie te bereiken in de grondgebonden woningen door middel van individuele maatregelen.

### Aanpak

Om het reductiepotentieel te berekenen zijn de volgende stappen gezet:

- Doorrekening van het reductiepotentieel bij de volgende 5 maatregelpakketten:
  - Isolatie tot aan de standaard
  - Hybride warmtepomp
  - Luchtwarmtepomp
  - Hybridewarmtepomp icm isolatie
  - Luchtwarmtepomp icm isolatie
- De pakketten zijn doorgerekend voor de RVO referentiewoningen bestaande bouw;
- Per categorie referentiewoningen is vervolgens dat pakket geselecteerd dat een maximale terugverdientijd kent en de hoogste CO<sub>2</sub>-reductie heeft.

### Scenario's

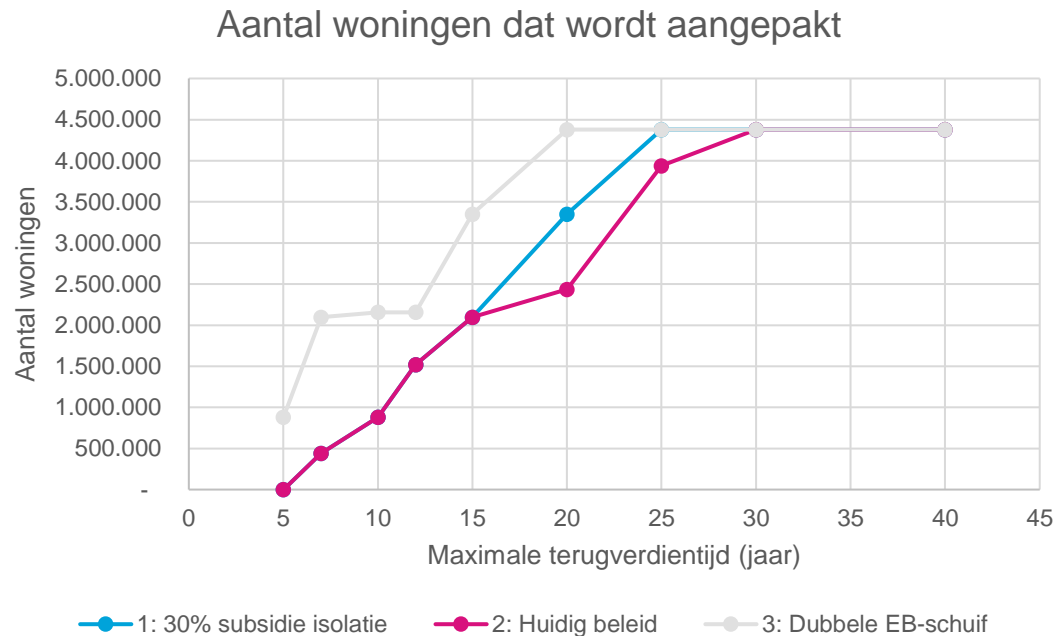
Bij de doorrekening zijn 3 scenario's gehanteerd:

Scenario 1: Huidig beleid. Hierbij is rekening gehouden met belemmeringen in het afgiftesysteem voor toepassing van een (hybride) warmtepomp en is een maximale penetratie van 80% gehanteerd.

- Scenario 2: Hierbij wordt het effect inzichtelijk gemaakt van een dubbele EB-schuif, waarbij het gastarief met € 0,24/m<sup>3</sup> wordt verhoogd en het elektratarief met € 0,048 /kWh wordt verlaagd.
- Scenario 3: Isolatiesubsidie 30%. Dit is gelijk aan scenario 1, maar dan met 30% subsidie op isolatie in plaats van de huidige 20%-subsidie.

### Resultaten

De resultaten van doorrekening van de drie scenario's zijn gepresenteerd in onderstaande figuur.





## Conclusies

Op basis van dit onderzoek kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

*Bij hantering van de huidige tarieven en stimuleringsmaatregelen geldt het volgende:*

- Er zijn ruim 2 miljoen woningen waarbij het financieel gezien aantrekkelijk is te verduurzamen (maximale terugverdientijd van 15 jaar, wat overeenkomt met de levensduur van installaties). Hiermee is een CO<sub>2</sub>-reductie van 3.020 kton gemoeid.
  - Het extra elektragebruik bedraagt 3.740 GWh per jaar
  - Bij circa 900.000 woningen (42%) is de terugverdientijd minder dan 10 jaar.
  - De besparing wordt voor 90% bereikt door toepassing van hybride warmtepompen in vrijwel alle woningen van na 1975. Hierbij zijn de grotere woningen (vrijstaand en 2-onder-1 kap het meest rendabel.
  - Bij toepassing op een natuurlijk moment gaat het om 60.000 woningen per jaar (bij 10 jaar terugverdientijd) tot 140.000 woningen per jaar (op basis van 15 jaar terugverdientijd)
  - Bij een terugverdientijd vanaf 25 jaar wordt voor vrijwel alle woningen van voor 1974 ook de toepassing van een isolatiepakket rendabel, aangevuld met een hybride warmtepomp.
- Wanneer de subsidie op isolatiemaatregelen wordt uitgebreid van 20% naar 30%, dan gelden de volgende veranderingen:*
- De terugverdientijd van isolerende maatregelen daalt hiermee. Bij de huidige 20% subsidie is isolatie naar de standaard slechts bij ruim 500.000 woningen binnen 20 jaar terug verdiend. Bij 30% subsidie stijgt dit aantal tot circa 1,5 miljoen woningen.
  - Het totaal aantal woningen waar rendabele investeringen mogelijk zijn, stijgt daarmee tot 3,4 miljoen (uitgaande van een maximale terugverdientijd van 20 jaar)
  - Met deze extra subsidie wordt een aanvullende CO<sub>2</sub>-reductie van 2.200 kton bereikt (uitgaande van een maximale terugverdientijd van 20 jaar).
  - Met dit pakket wordt voor de oudere woningen (voor 1975) de toepassing van het isolatiepakket haalbaar (terug verdientijd maximaal rond de 20 jaar). De grotere woningen (2-onder-1 kap en vrijstaand) zitten net onder de 20 jaar; rijwoningen er net boven.
- Wanneer de schuif in de EB-belasting wordt verdubbeld waarbij het EB-tarief op aardgas met € 0,24/m<sup>3</sup> wordt verhoogd en het tarief op elektriciteit met € 0,048 /kWh wordt verlaagd, gelden de volgende wijzigingen.*
- Het aantal woningen waarbij het financieel gezien aantrekkelijk is te verduurzamen (maximale terugverdientijd van 15 jaar) stijgt tot ruim 3,3 miljoen. Hiermee is een totale CO<sub>2</sub>-reductie van 7.000 kton gemoeid.
  - Bij circa 2.200.000 woningen (64%) is de terugverdientijd minder dan 10 jaar.
  - De besparing wordt voor ruim 50% bereikt door toepassing van hybride warmtepompen;
  - In de overige woningen wordt een all-elektric warmtepomp dan rendabel
  - Ook isolatie wordt in ruim 1.700.000 woningen haalbaar (tvt 15 jaar)
  - Bij toepassing op een natuurlijk moment gaat het om 145.000 woningen per jaar (bij 10 jaar terugverdientijd) tot 220.000 woningen per jaar (op basis van 15 jaar terugverdientijd)



Analyse woningmarkt





## Analyse woningmarkt

Voor de berekeningen is gebruik gemaakt van de referentiewoningen bestaande bouw, zoals deze zijn opgesteld door RVO. Hierbij zijn de referentiewoningen onderscheiden naar bouwtype en bouwjaarklasse. Een overzicht is in de tabel hiernaast opgenomen. De aantallen woningen zijn gebaseerd op combinatie van diverse bronnen en geven de aantallen weer van eind 2018. Hierbij zijn de woningen die zijn aangesloten op een stadswarmtenet niet meegenomen.

### Doorrekening

De verschillende woningtypen zijn doorgerekend conform de NTA 8800 met twee verschillende isolatiepakketten:

- Oorspronkelijke situatie. Dit is de situatie, zoals die in de RVO voorbeeldwoningen gedefinieerd zijn;
- Standaard isolatiepakket. Dit pakket bestaat uit het realiseren van alle isolatie die praktisch gezien uitvoerbaar. Dit omvat een goede isolatie van dak en vloer; toepassing van HR++-glas, spouwmuurisolatie en balansventilatie.

Dit standaard isolatiepakket komt min of meer overeen met de uitgangspunten die gehanteerd zijn voor het bepalen van de Standaard.

Tabel: Overzicht referentiewoningen

Woningtype-nummer	Type	Bouwjaar	Aantal	Warmtevraag oorspronkelijk (kWh/m <sup>2</sup> )	Warmtevraag na isolatie (kWh/m <sup>2</sup> )
1	Vrijstaand	Voor 1965	461.715	252	80
2	Vrijstaand	1965-1974	110.633	208	78
3	Vrijstaand	1975-1991	214.440	136	69
4	Vrijstaand	1992-2020	338.815	92	69
5	2^1 kap	Voor 1965	298.449	204	66
6	2^1 kap	1965-1974	132.016	171	65
7	2^1 kap	1975-1991	217.351	120	60
8	2^1 kap	1992-2020	329.550	78	54
9	Rijwoning	Voor 1945	551.368	207	99
10	Rijwoning	1946-1964	436.208	170	55
11	Rijwoning	1965-1974	528.409	130	49
12	Rijwoning	1975-1991	799.947	105	45
13	Rijwoning	1992-2020	629.344	67	43
14	Maisonnette	Voor 1965	236.964	252	60
15	Maisonnette	1965-1974	20.453	154	55
16	Maisonnette	1975-1991	91.210	118	51
17	Maisonnette	1992-2020	75.439	74	48
18-30	Collectieve woningbouw	Divers	1.878.588	n.t.b.	n.t.b.



# Analyse woningmarkt

## Financiële haalbaarheid

De isolatiepakketten zijn doorgerekend op investering en besparingen. De resultaten hiervan zijn als volgt.

Woningtype-nummer	Investering isolatie (€)	ISDE subsidie (€)
1	29.600	6.300
2	31.400	6.600
3	30.800	6.600
4	5.900	-
5	21.500	4.000
6	22.400	4.400
7	22.300	4.300
8	5.900	-
9	16.400	3.400
10	17.600	3.300
11	19.100	4.000
12	17.000	3.700
13	5.900	-
14	18.000	3.600
15	18.000	3.600
16	15.800	3.400
17	5.900	-

De terugverdientijd varieert van 11 jaar voor de oudste vrijstaande woning tot circa 30 jaar voor de nieuwere woningen.

## Huidige situatie

De resultaten zoals die zijn opgenomen op de vorige pagina zijn theoretische waarden op basis van de NTA8800. Dit is een benadering van de werkelijkheid, maar deze benadering geeft geen goed beeld van het daadwerkelijk energiegebruik.

Een effect dat hierbij een rol speelt is dat woningen in de praktijk nooit helemaal verwarmd worden, maar slechts gedeeltelijk. Slaapkamers en zolders worden in veel mindere mate verwarmd dan woonkamers. Dit geeft een overschatting van het gasgebruik, en daarmee ook van het besparingspotentieel van isolatiemaatregelen.

Daarbij komt dat de oorspronkelijke situatie in veel gevallen niet meer de werkelijkheid is, omdat in veel woningen al isolerende maatregelen zijn toegepast. Daarbij zijn echter vaak lagere isolatiewaarden gehanteerd, waardoor ook het doorgerekende isolatiepakket (nog) niet representatief is.

Om de huidige situatie zo goed mogelijk af te stemmen op de werkelijke situatie is uitgegaan van de volgende parameters ten opzichte van de berekende, theoretische waarden:

Reductiefactor voor het deels verwarmen van de woning:

- Bouwjaar voor 1945: 40%
- Bouwjaar 1946-1964: 30%
- Bouwjaar 1965-1974: 25%
- Bouwjaar 1975-1991: 20%
- Bouwjaar na 1991: 5%

Deze waarden gelden zowel voor de huidige situatie als na toepassing van aanvullende isolatie.

Daarnaast is verondersteld dat circa 30% van de besparingsmaatregelen reeds zijn toegepast. Hierbij geldt de 30% voor de behaalde reductie op het gasgebruik.

Met deze uitgangspunten kan het gasgebruik van de woningbouw worden bepaald. Deze komt uit op 9,38 miljard m<sup>3</sup> per jaar (inclusief berekend gebruik van appartementen en galerijwoningen). Dit komt goed overeen met het werkelijk gebruik in 2019 (9,39 miljard m<sup>3</sup>).



Besparingsmaatregelen

## Isolatie



De eerste optie betreft de verdere toepassing van isolatie. Het uitgangspunt van deze maatregel is dat de woningen gebracht worden op het niveau van het adviespakket.

### Maatregelen

De toepassing van dit pakket omvat de maatregelen zoals omschreven bij de analyse van de woningmarkt. Praktisch gezien betekent dit voor de woningen die nog niet geïsoleerd zijn dat de maatregelen ineens worden toegepast. Voor woningen waar al beperkt is geïsoleerd betekent dit dat de maatregelen aangevuld worden tot het omschreven niveau. Dit is in de praktijk nooit helemaal realistisch. Woningen waar het dak is nageïsoleerd met bijvoorbeeld 10 cm isolatie, zullen niet snel aanvullend nog eens 8 cm plaatsen.

### Besparing

Door toepassing van de (aanvullende) besparingsmaatregelen komt het energiegebruik op het berekende energiegebruik.

### Investering

Het ramen van de investering voor deze maatregelgroep is lastig. Voor de woningen die nog niet nageïsoleerd zijn, zijn de investeringen geraamd. Voor woningen die al deels zijn nageïsoleerd zijn deze ramingen lastiger. De kosten van extra naïsolatie zullen namelijk nauwelijks afwijken van de kosten voor eenmalige naïsolatie.

### Uitgangspunten isolatie

In deze studie zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd voor het doorrekenen van de isolatiemaatregelen:

- Van de besparingen is al 30% behaald. De resterende besparing bedraagt dus 70%;
- De besparing is naar verwachting vooral bereikt door de meest rendabele maatregelen uit te voeren. De resterende investering zal daarom fors hoger zijn dan 70%. In de berekeningen is uitgegaan van 85%.
- In de berekeningen is rekening gehouden met de beschikbare subsidies in het kader van het ISDE-programma

## Hybride warmtepomp



Hybride warmtepomp: Bron: Nefit

De tweede optie betreft de toepassing van een hybride warmtepomp.

### Maatregelen

De toepassing van deze maatregel omvat het vervangen van de huidige ketel door een hybride warmtepomp. Deze zal de basislast voor ruimteverwarming verzorgen. De pieklast en de warm tapwatervraag worden ingevuld door gasverbranding.

Voorwaarden voor de toepassing van een hybride warmtepomp is dat het grootste deel van de warmte geleverd kan worden op een maximale temperatuur van 55 °C. Voor nieuwe woningen is dit vaak goed te doen. Voor oudere woningen is dit alleen mogelijk wanneer het afgiftesysteem wordt vervangen of de woningen goed worden geïsoleerd. Deze maatregel is in de huidige situatie dan ook niet voor alle woningen mogelijk.

### Besparing

De besparing van een hybridewarmtepomp bestaat erin dat deze een deel van de warmtevraag invult. Hiervoor wordt dan geen aardgas gebruikt. Tegenover het aardgasgebruik staat wel een hoger elektriciteitsgebruik. De rendementen die zijn gehanteerd zijn gebaseerd op metingen die zijn uitgevoerd door de consumentenbond.

### Investering

De investering bestaat uit de aanschaf en installatie van een hybride warmtepomp en verrekening van de ISDE-subsidie.

In de raming van de investering is geen aanpassing van het afgiftesysteem opgenomen.

De gemiddelde investering bedraagt € 5.767. Dit is gebaseerd op gegevens van de consumentenbond. De gemiddelde ISDE-subsidie bedraagt € 1.750, waardoor de netto investering € 4.017 bedraagt.

Daarnaast is rekening gehouden met toepassing op een natuurlijk moment. Dit is bij vervanging van de ketel. De kosten die dan gemaakt moeten worden voor ketelvervanging bedragen circa €1.750. Dit geeft een meerinvestering van € 2.267.

#### Uitgangspunten hybride warmtepomp

In deze studie zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd voor het doorrekenen van de hybride warmtepomp:

- De maatregel is meestal niet toepasbaar voor woningen van voor 1975 zonder toepassing van het isolatiepakket, omdat deze woningen doorgaans een afgiftesysteem hebben waar warmtelevering onder de 55°C onvoldoende mogelijk is;
- De hybride warmtepomp levert alleen een bijdrage aan de warmtelevering voor ruimteverwarming;
- De COP is gebaseerd op metingen van de consumentenbond. Deze is afhankelijk van de jaarlijkse warmtevraag. Gemiddeld genomen bedraagt de COP circa 4,8;

- Het aandeel in de warmtelevering is gebaseerd op metingen van de consumentenbond. Deze is afhankelijk van de jaarlijkse warmtevraag. Gemiddeld genomen bedraagt het aandeel 73%;
- Het gebruik aan hulpenergie is gebaseerd op metingen van de consumentenbond. Deze is afhankelijk van de jaarlijkse warmtevraag. Gemiddeld genomen bedraagt de hulpenergie 175 kWh per jaar.

## All elektric warmtepomp



*Warmtepomp: Bron: Nibe*

De derde optie betreft de toepassing van een all-elektrische warmtepomp, waarmee dus de stap gezet wordt naar een aardgasvrije energievoorziening.

### Maatregelen

De toepassing van deze maatregel omvat het vervangen van de huidige ketel door een warmtepomp die de volledige warmtevraag invult. Deze zal dus de volledige warmtevraag voor zowel ruimteverwarming als warm tapwater verzorgen.

Bij deze techniek is er keuze uit een warmtepomp die gebruik maakt van buitenlucht (zie afbeelding), de bodem of andere warmtebron.

Voorwaarden voor de toepassing van een warmtepomp is dat de volledige warmtevraag geleverd kan worden op een maximale temperatuur van 55 °C. Voor nieuwe woningen is dit vaak goed te doen. Voor oudere woningen is dit alleen mogelijk wanneer het afgiftesysteem wordt vervangen of de woningen goed worden geïsoleerd. Deze maatregel is in de huidige situatie dan ook niet voor alle woningen mogelijk.

### Besparing

De besparing van een warmtepomp bestaat erin dat deze de volledige warmtevraag invult en er dus geen aardgas meer gebruikt wordt. Hier tegenover staat wel een hoger elektriciteitsgebruik. Als rendement voor ruimteverwarming zijn dezelfde rendementen gehanteerd als voor de hybride warmtepomp. Het rendement van tapwaterbereiding is gebaseerd op enkele verklaringen van fabrikanten



## Investering

De investering bestaat uit de aanschaf en installatie van een hybride warmtepomp en verrekening van de ISDE-subsidie.

In de raming van de investering is geen aanpassing van het afgiftesysteem opgenomen.

De gemiddelde investering bedraagt € 10.250. Dit is gebaseerd op Milieucentraal. De gemiddelde ISDE-subsidie bedraagt € 1.900, waardoor de netto investering € 8.350 bedraagt.

Daarnaast is rekening gehouden met toepassing op een natuurlijk moment. Dit is bij vervanging van de ketel. De kosten die dan gemaakt moeten worden voor ketelvervanging bedragen circa €1.750. Dit geeft een meerinvestering van € 6.600

## Uitgangspunten all-elektrische warmtepomp

In deze studie zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd voor het doorrekenen van de all-elektrische warmtepomp:

- De maatregel is meestal niet toepasbaar voor woningen van voor 1992 zonder toepassing van het isolatiepakket, omdat deze woningen doorgaans een afgiftesysteem hebben waar volledige warmtelevering onder de 55°C mogelijk is;
- De warmtepomp levert de volledige warmtevraag voor zowel ruimteverwarming als de bereiding van warm tapwater;

- De COP voor ruimteverwarming is gebaseerd op metingen van de consumentenbond. Deze is afhankelijk van de jaarlijkse warmtevraag. Gemiddeld genomen bedraagt de COP circa 4,8;
- Het gebruik aan hulpenergie is gebaseerd op metingen van de consumentenbond, waarbij dit is opgeschaald naar rato van het aandeel in de warmtelevering. Deze is afhankelijk van de jaarlijkse warmtevraag. Gemiddeld genomen bedraagt de hulpenergie 240 kWh per jaar.



Berekeningsresultaten

## Uitwerking resultaten isolatie

De maatregelen zoals benoemd zijn doorgerekend. Daarbij is zowel gekeken naar de individuele maatregelen, als ook de combinatie van isolatie met de warmtepompconcepten. De resultaten zijn hieronder opgenomen.

### Resultaten isolatiepakket

Bij toepassing van uitsluitend het isolatiepakket worden de volgende resultaten behaald. De getallen die zijn opgenomen, betreffen de waarden per woning.

Nr	Type	Bouwjaar	CO2-reductie	Investering	TVT
-	-	-	kg/jaar	€	Jaar
1	Vrijstaand	Voor 1965	1.963	19.805	21
2	Vrijstaand	1965-1974	2.039	21.080	22
3	Vrijstaand	1975-1991	1.161	20.570	37
4	Vrijstaand	1992-2020	505	5.015	21
5	2^1 kap	Voor 1965	1.337	14.875	23
6	2^1 kap	1965-1974	1.426	15.300	22
7	2^1 kap	1975-1991	834	15.300	38
8	2^1 kap	1992-2020	404	5.015	26
9	Rijwoning	Voor 1945	1.001	11.050	23
10	Rijwoning	1946-1964	1.028	12.155	25
11	Rijwoning	1965-1974	935	12.835	29
12	Rijwoning	1975-1991	714	11.305	33
13	Rijwoning	1992-2020	349	5.015	30
14	Maisonnette	Voor 1965	1.470	12.240	17
15	Maisonnette	1965-1974	946	12.240	27
16	Maisonnette	1975-1991	602	10.540	37
17	Maisonnette	1992-2020	279	5.015	38

Uit de resultaten blijken een aantal zaken:

- Duidelijk blijkt dat de terugverdientijden vrij lang zijn; bij de huidige tarieven meer dan 30 jaar. Dit komt doordat verondersteld is dat de meest efficiënte maatregelen al zijn toegepast, en de minder efficiënte maatregelen dus zijn opgenomen in dit pakket.
- De terugverdientijden zijn het langst voor de woningen van 1975-1991. Hier zijn namelijk nog forse maatregelen nodig, terwijl de besparingen beperkt blijven
- De CO<sub>2</sub>-reductie is vanzelfsprekend het grootst bij oude en grote woningen.
- Op basis van deze resultaten kan voorzichtig geconcludeerd worden dat de toepassing van isolatie naar de standaard financieel gezien bij de huidige tarieven een uitdaging blijft. Aan de andere kant is de terugverdientijd in alle gevallen minder dan de levensduur van de isolatiemaatregelen.

## Uitwerking resultaten hybride warmtepomp

De maatregelen zoals benoemd zijn doorgerekend. Daarbij is zowel gekeken naar de individuele maatregelen, als ook de combinatie van isolatie met de warmtepompconcepten. De resultaten zijn hieronder opgenomen.

### Resultaten hybride warmtepomp

Bij toepassing van uitsluitend een hybride warmtepomp in de bestaande situatie worden de volgende resultaten behaald. De getallen die zijn opgenomen, betreffen de waarden per woning. Let op: in deze tabel zijn alle woningen doorgerekend alsof het afgiftesysteem geschikt is voor de inzet van een hybride warmtepomp.

Nr	Type	Bouwjaar	CO2-reductie	Investering	TVT
-	-	-	kg/jaar	€	Jaar
1	Vrijstaand	Voor 1965	2.315	2.267	4
2	Vrijstaand	1965-1974	2.599	2.267	4
3	Vrijstaand	1975-1991	2.022	2.267	5
4	Vrijstaand	1992-2020	1.910	2.267	6
5	2^1 kap	Voor 1965	1.607	2.267	6
6	2^1 kap	1965-1974	1.870	2.267	5
7	2^1 kap	1975-1991	1.438	2.267	8
8	2^1 kap	1992-2020	1.241	2.267	9
9	Rijwoning	Voor 1945	1.600	2.267	6
10	Rijwoning	1946-1964	1.247	2.267	9
11	Rijwoning	1965-1974	1.245	2.267	9
12	Rijwoning	1975-1991	1.066	2.267	11
13	Rijwoning	1992-2020	914	2.267	14
14	Maisonnette	Voor 1965	1.537	2.267	7
15	Maisonnette	1965-1974	1.221	2.267	9
16	Maisonnette	1975-1991	910	2.267	13
17	Maisonnette	1992-2020	747	2.267	18

Uit de resultaten blijken een aantal zaken:

- In woningen met een gasgebruik van meer dan circa 1.000 m<sup>3</sup> aardgas per jaar is de toepassing van een hybride warmtepomp rendabel (terugverdientijd max 15 jaar).
- Bij een gasgebruik van circa 1.250 m<sup>3</sup> per jaar daalt de terugverdientijd zelfs tot 10 jaar. Voorwaarde is wel de toepassing op een natuurlijk moment.
- De woningen waar de inzet van een hybride warmtepomp het meest rendabel is, zijn de oude woningen. Hierbij is in een groot deel het afgiftesysteem nog niet geschikt voor het kunnen verwarmen op maximaal 50 °C gedurende een groot deel van het stookseizoen.
- De voorzichtige conclusie over de hybride warmtepomp is dat wanneer het afgiftesysteem geschikt is om een groot deel van het jaar op lage temperaturen te kunnen verwarmen, de toepassing van een hybride warmtepomp rendabel is. Alleen voor hele zuinige woningen geldt dit niet.

## Uitwerking resultaten luchtwarmtepomp

De maatregelen zoals benoemd zijn doorgerekend. Daarbij is zowel gekeken naar de individuele maatregelen, als ook de combinatie van isolatie met de warmtepompconcepten. De resultaten zijn hieronder opgenomen.

### Resultaten luchtwarmtepomp

Bij toepassing van uitsluitend een all-elektrisch luchtwarmtepomp in de bestaande situatie worden de volgende resultaten behaald. De getallen die zijn opgenomen, betreffen de waarden per woning. Let op: in deze tabel zijn alle woningen doorgerekend alsof het afgiftesysteem geschikt is voor de inzet van een luchtwarmtepomp.

Nr	Type	Bouwjaar	CO2-reductie	Investering	TVT
-	-	-	kg/jaar	€	Jaar
1	Vrijstaand	Voor 1965	3.772	6.600	9
2	Vrijstaand	1965-1974	4.260	6.600	8
3	Vrijstaand	1975-1991	3.406	6.600	11
4	Vrijstaand	1992-2020	3.272	6.600	12
5	2^1 kap	Voor 1965	2.756	6.600	14
6	2^1 kap	1965-1974	3.152	6.600	12
7	2^1 kap	1975-1991	2.549	6.600	16
8	2^1 kap	1992-2020	2.286	6.600	19
9	Rijwoning	Voor 1945	2.679	6.600	14
10	Rijwoning	1946-1964	2.186	6.600	19
11	Rijwoning	1965-1974	2.198	6.600	19
12	Rijwoning	1975-1991	1.961	6.600	23
13	Rijwoning	1992-2020	1.758	6.600	28
14	Maisonnette	Voor 1965	2.571	6.600	15
15	Maisonnette	1965-1974	2.136	6.600	19
16	Maisonnette	1975-1991	1.721	6.600	28
17	Maisonnette	1992-2020	1.507	6.600	36

Uit de resultaten blijken een aantal zaken:

- In woningen met een gasgebruik van meer dan circa 1.500 m<sup>3</sup> aardgas per jaar is de toepassing van een luchtwarmtepomp rendabel (terugverdientijd max 15 jaar).
- De woningen waar de inzet van een luchtwarmtepomp het meest rendabel is, zijn de oude woningen. Dit komt omdat deze woningen de grootste warmtevraag hebben en daarmee het grootste besparingspotentieel. Voor deze woningen is bij het grootste deel echter het afgiftesysteem nog niet geschikt voor het kunnen verwarmen op maximaal 50 °C gedurende het hele stookseizoen.

## Uitwerking resultaten isolatie en hybride warmtepomp

De maatregelen zoals benoemd zijn doorgerekend. Daarbij is zowel gekeken naar de individuele maatregelen, als ook de combinatie van isolatie met de warmtepompconcepten. De resultaten zijn hieronder opgenomen.

### Resultaten hybride warmtepomp in combinatie met isolatie

Bij toepassing van zowel het isolatiepakket als een hybride warmtepomp worden de volgende resultaten behaald. De getallen die zijn opgenomen, betreffen de waarden per woning. Let op: in deze tabel zijn alle woningen doorgerekend alsof het afgiftesysteem geschikt is voor de inzet van een hybride warmtepomp na toepassing van isolatie. Dit zal in de praktijk ook vrijwel overal het geval zijn.

Nr	Type	Bouwjaar	CO2-reductie	Investering	TVT
-	-	-	kg/jaar	€	Jaar
1	Vrijstaand	Voor 1965	2.848	22.072	20
2	Vrijstaand	1965-1974	3.216	23.347	19
3	Vrijstaand	1975-1991	2.356	22.837	29
4	Vrijstaand	1992-2020	2.066	7.282	13
5	2^1 kap	Voor 1965	1.953	17.142	23
6	2^1 kap	1965-1974	2.267	17.567	21
7	2^1 kap	1975-1991	1.667	17.567	32
8	2^1 kap	1992-2020	1.359	7.282	20
9	Rijwoning	Voor 1945	1.856	13.317	21
10	Rijwoning	1946-1964	1.503	14.422	26
11	Rijwoning	1965-1974	1.488	15.102	28
12	Rijwoning	1975-1991	1.254	13.572	32
13	Rijwoning	1992-2020	1.008	7.282	26
14	Maisonnette	Voor 1965	1.919	14.507	19
15	Maisonnette	1965-1974	1.461	14.507	27
16	Maisonnette	1975-1991	1.064	12.807	36
17	Maisonnette	1992-2020	822	7.282	34

Uit de resultaten blijken een aantal zaken:

- De gecombineerde toepassing van het isolatiepakket en een hybride warmtepomp levert bij de huidige tarieven meestal geen heel rendabel project. Dit komt omdat het isolatiepakket al een lange terugverdientijd kent, en door isolatie de besparing van de warmtepomp kleiner wordt.
- De voorzichtige conclusie over de combinatie van isolatie en de toepassing van een hybride warmtepomp is dat dit pakket energetisch goed presteert. Financieel gezien is het wellicht lonend de duurste elementen uit het isolatiepakket wat uit te stellen.

## Uitwerking resultaten isolatie en luchtwarmtepomp

De maatregelen zoals benoemd zijn doorgerekend. Daarbij is zowel gekeken naar de individuele maatregelen, als ook de combinatie van isolatie met de warmtepompconcepten. De resultaten zijn hieronder opgenomen.

### Resultaten luchtwarmtepomp in combinatie met isolatie

Bij toepassing van zowel het isolatiepakket als een luchtwarmtepomp worden de volgende resultaten behaald. De getallen die zijn opgenomen, betreffen de waarden per woning. Let op: in deze tabel zijn alle woningen doorgerekend alsof het afgiftesysteem geschikt is voor de inzet van een hybride warmtepomp na toepassing van isolatie. Dit zal in de praktijk ook vrijwel overal het geval zijn.

Nr	Type	Bouwjaar	CO2-reductie	Investering	TVT
-	-	-	kg/jaar	€	Jaar
1	Vrijstaand	Voor 1965	3.772	26.405	23
2	Vrijstaand	1965-1974	4.260	27.680	21
3	Vrijstaand	1975-1991	3.406	27.170	31
4	Vrijstaand	1992-2020	3.272	11.615	17
5	2^1 kap	Voor 1965	2.756	21.475	27
6	2^1 kap	1965-1974	3.152	21.900	25
7	2^1 kap	1975-1991	2.549	21.900	36
8	2^1 kap	1992-2020	2.286	11.615	26
9	Rijwoning	Voor 1945	2.679	17.650	25
10	Rijwoning	1946-1964	2.186	18.755	32
11	Rijwoning	1965-1974	2.198	19.435	34
12	Rijwoning	1975-1991	1.961	17.905	39
13	Rijwoning	1992-2020	1.758	11.615	36
14	Maisonnette	Voor 1965	2.571	18.840	24
15	Maisonnette	1965-1974	2.136	18.840	33
16	Maisonnette	1975-1991	1.721	17.140	45
17	Maisonnette	1992-2020	1.507	11.615	46

Uit de resultaten blijken een aantal zaken:

- De gecombineerde toepassing van het isolatiepakket en een luchtwarmtepomp levert de grootste CO<sub>2</sub>-reductie op voor alle woningtypen.
- Financieel gezien scoort dit pakket min of meer gelijkwaardig met het pakket isolatie en toepassing van een hybride warmtepomp. Dit is verklaarbaar doordat het grootste deel van de investeringen in de isolatie zit. Bij toepassing van een luchtwarmtepomp zijn de investeringen wel wat hoger dan bij een hybride warmtepomp, maar daar staan ook de lagere energielasten tegen over.
- De toepassing van isolatie en een luchtwarmtepomp leveren bij de huidige tarieven meestal geen rendabel project. Dit komt omdat het isolatiepakket al een lange terugverdientijd kent, en door isolatie de besparing van de warmtepomp kleiner wordt.
- De voorzichtige conclusie over de combinatie van isolatie en de toepassing van een luchtwarmtepomp is dat dit pakket energetisch het best presteert. Financieel gezien is het wellicht lonend de duurste elementen uit het isolatiepakket wat uit te stellen.
- De CO<sub>2</sub>-reductie is gelijk aan het pakket met uitsluitend de lucht-warmtepomp. Dit komt omdat de emissie van het elektragebruik niet meegerekend worden.

Totaalresultaat



## Totaal potentieel

De resultaten zoals hiervoor besproken leiden er toe dat er voor elke woning één of meerdere pakketten mogelijk zijn om toe te passen. Dit geeft de volgende resultaten Nederland breed.

### Aannames

Bij de berekening zijn de volgende aannames gebruikt:

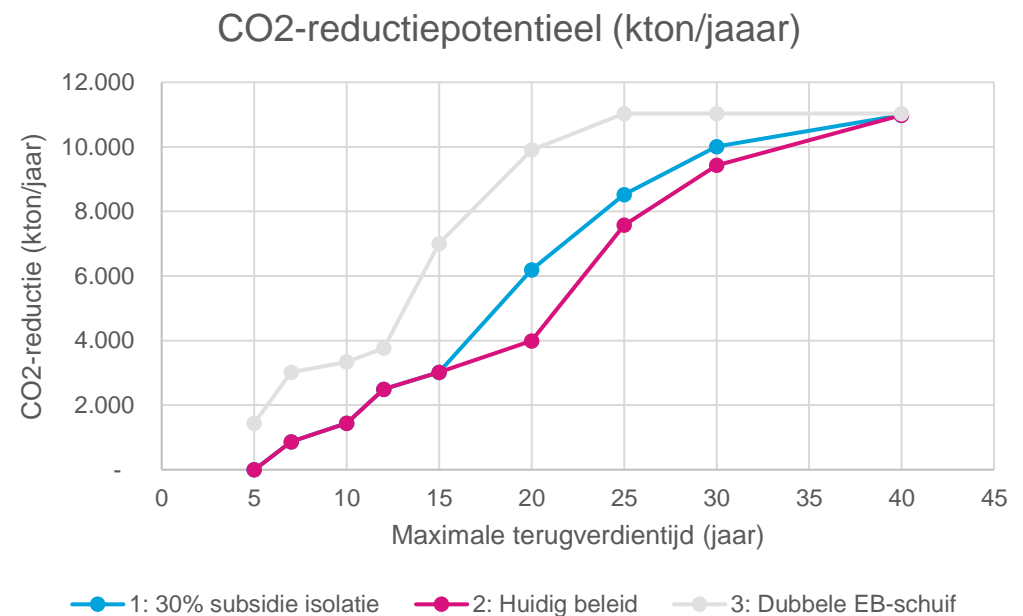
- Voor elk woningtype wordt het pakket gebruikt met de grootste CO<sub>2</sub>-reductie, waarbij de terugverdientijd onder een gesteld maximum ligt.

Vervolgens zijn de volgende randvoorwaarden meegenomen:

- Scenario 1: Huidig beleid. In dit scenario is rekening gehouden met de geldende beperkingen op het gebied van het afgiftesysteem. Dit houdt in dat voor de woningcategorieën zoals benoemd de toepassing van een hybride warmtepomp of luchtwarmtepomp niet mogelijk is zonder isolatiemaatregelen. Daarbij is de maximale penetratie van pakketten 80%. Dit houdt in dat in elke categorie bij 20% woningen geen maatregelen worden doorgevoerd. Dit scenario is gebaseerd op de huidige tarieven
- Scenario 2: Dubbele EB-schuif. Hierbij is dezelfde berekening gemaakt met de wijziging van de energietarieven. Hierbij is gerekend met een gasprijs die met € 0,24/m<sup>3</sup> stijgt en een elektraprijs die met € 0,048/kWh daalt.
- Scenario 3: 30% subsidie op isolatie. Dit scenario is gelijk aan dat van scenario 1, maar dan gebaseerd op een subsidie van 30% op isolatie in plaats van de huidige ISDE-subsidie.

Een aantal zaken vallen op in de figuur:

- Het basisscenario (huidig beleid) laat een sterke stijging zien bij de stap van 20 naar 25 jaar. Dit komt omdat met name doordat voor veel oudere woningen het isolatiepakket een terugverdientijd kent van tussen de 20 en 25 jaar;
- Het verhogen van de subsidie op isolatie zorgt dat de isolatiemaatregelen vaker tussen de 15 en 20 jaar terugverdiend worden. Tot aan een terugverdientijd van 15 jaar is het verschil met het basisscenario minimaal
- Het effect van de dubbele EB-schuif is dat alle maatregelenpakketten in maximaal 25 jaar zijn terugverdiend, met een sterke focus tussen de 12 en 20 jaar.



## Analyse potentieel

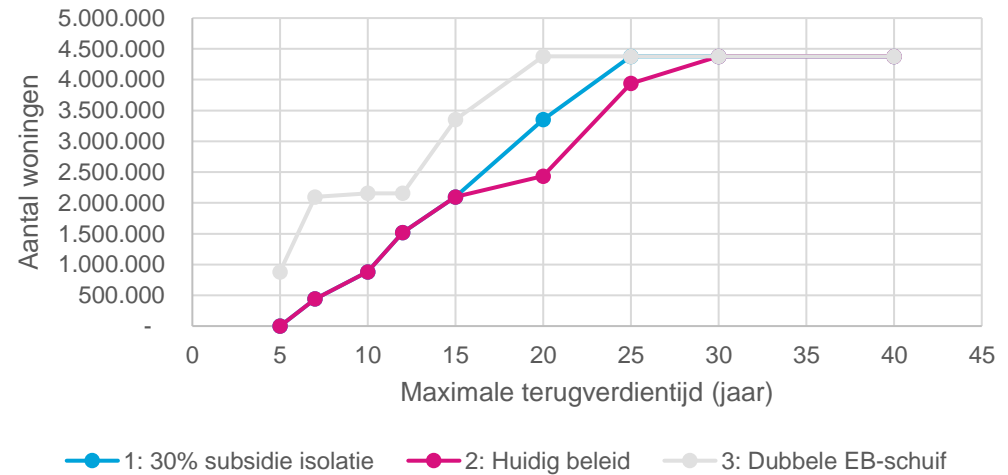
De resultaten zijn nog nader geanalyseerd. Hierbij is in de naast weergegeven figuur opgenomen bij hoeveel woningen een maatregelpakket wordt doorgevoerd.

Daarnaast is in de tabel in de bijlage weergegeven in de verschillende scenario's bij hoeveel woningen een hybride warmtepomp wordt ingezet, bij hoeveel woningen een all-elektrisch luchtwarmtepomp wordt ingezet, en bij hoeveel woningen het isolatiepakket wordt toegepast.

Uit een nadere analyse blijkt het volgende voor het scenario conform huidig beleid:

- Voor de grootste woningen is het, het eerste aantrekkelijk om te verduurzamen door toepassing van een hybride warmtepomp. Bij een maximale terugverdientijd van 10 jaar gaat dit op voor de vrijstaande woningen en twee-onder-een-kapwoningen. Voor beide categorieën gaat het om de woningen van na 1975 in verband met de beperkingen in het afgiftesysteem.
- Bij een terugverdientijd van maximaal 15 jaar (gelijk aan de levensduur van installaties) zijn alle woningen van na 1975 rendabel te voorzien van een hybride warmtepomp. Voor de vrijstaande woningen van na 1992 is dan ook de stap naar all-elektrisch haalbaar.
- Bij een terugverdientijd vanaf 25 jaar wordt voor vrijwel alle woningen van voor 1974 ook de toepassing van een isolatiepakket rendabel, aangevuld met een hybride warmtepomp.

Aantal woningen dat wordt aangepakt





Warmtenet

## Warmtenet: een haalbaar alternatief?

In deze berekeningen is gefocust op individuele maatregelen in grondgebonden woningen. Daarnaast bestaan er alternatieven voor verduurzaming door middel van collectieve opties. Op korte termijn zijn warmtenetten hiervoor een belangrijke optie.

### Tariefstelling

Bij warmtenetten geldt de maximering van de warmtetarieven door de warmtewet. Deze wet gaat momenteel uit van het niet-meer-dan-anders principe (NMDA). Dit houdt in dat een woning die is aangesloten op een warmtenet niet meer betaald dan wanneer dezelfde woning was aangesloten op een gasnet.

Concreet betekent dit dat wanneer de jaarlasten gelijk blijven, dat er alleen sprake is van een initiële investering voor de overstap. Bij gelijke jaarlasten, zullen deze kosten niet worden terug verdiend. Bij iets lagere kosten doorgaans snel.

In de nieuwe warmtewet zal meer worden uitgegaan van een kosten+ opbouw van het warmtetarief. Het is aannemelijk dat dit zal leiden tot (wat) lagere warmtetarieven, waardoor aansluiting al snel rendabel zal zijn voor woningen.

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

De CO<sub>2</sub>-reductie van een warmtenet hangt af van de bron van de warmte. Bij gebruik van restwarmte, geothermie of biomassa, is de

CO<sub>2</sub>-emissie per GJ warmte al snel tot 70% lager dan bij het gebruik van een gasketel. Bij warmtenetten die gebaseerd zijn op LT-restwarmte (oppervlaktewater, riothermie, WKO's etc) is een warmtepomp nodig voor het opwaarderen van de warmte. Hierbij is de reductie op de CO<sub>2</sub>-emissie veel minder groot.

### Potentieel warmtenetten

Om een warmtenet rendabel toe te kunnen passen is het nodig dat er wordt voldaan aan een aantal voorwaarden. De belangrijkste zijn dat er de beschikking is over duurzame warmte en dat er

Sprake is van voldoende afzet. Daarmee zijn deze netten vooral zinvol in stedelijk gebied.

Ter illustratie: wanneer er 1 totaal 1 miljoen rijwoningen extra aangesloten kunnen worden op een warmtenet, waarbij er 70% reductie wordt bereikt in de emissie per GJ, dan bedraagt de CO<sub>2</sub>-reductie circa 1.100 kton.



Bijlage: deelresultaten

	Maximale terugverdientijd (jaar)	5	7	10	12	15	20	25	30
<b>Huidig beleid</b>	Reductie (kton)	-	865	1.442	2.494	3.020	3.989	7.575	9.430
	Aantal woningen totaal	-	442.604	880.125	1.520.082	2.096.526	2.434.955	3.938.760	4.377.850
	Aantal hybride WP	-	442.604	880.125	1.249.031	1.825.474	1.900.263	2.302.039	1.906.766
	Aantal isolatie	-	-	-	-	-	549.130	2.052.935	2.927.217
	Aantal Lucht WP	-	-	-	271.052	271.052	534.692	1.287.755	2.471.084
<b>Dubbele EB</b>	Reductie (kton)	1.442	3.020	3.340	3.766	7.004	9.906	11.031	11.031
	Aantal woningen totaal	880.125	2.096.526	2.156.877	2.156.877	3.351.035	4.377.850	4.377.850	4.377.850
	Aantal hybride WP	880.125	1.825.474	1.622.185	1.118.710	1.794.637	1.309.533	-	-
	Aantal isolatie	-	-	271.052	271.052	1.728.849	3.430.692	4.377.850	4.377.850
	Aantal Lucht WP	-	271.052	534.692	1.038.167	1.556.397	3.068.316	4.377.850	4.377.850
<b>30% subsidie isolatie</b>	Reductie (kton)	-	865	1.442	2.494	3.020	6.192	8.523	10.009
	Aantal woningen totaal	-	442.604	880.125	1.520.082	2.096.526	3.351.035	4.377.850	4.377.850
	Aantal hybride WP	-	442.604	880.125	1.249.031	1.825.474	2.727.836	2.226.273	1.386.247
	Aantal isolatie	-	-	-	-	-	1.465.209	2.492.024	3.741.055
	Aantal Lucht WP	-	-	-	271.052	271.052	623.199	1.728.849	2.991.603





Wij maken  
duurzaamheid  
werkend!