

RAPPORT

# MKBA van het regionaal verbonden warmtesysteem Holland Rijnland

In opdracht van de Regio Holland Rijnland



Maart 2026

**AEBEL**



## Management samenvatting

Deze maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA) onderzoekt of de aanleg van een regionaal warmtenet op middentemperatuur in Holland Rijnland maatschappelijke meerwaarde oplevert ten opzicht van de verduurzaming van de warmtevoorziening op basis van individuele (all-electric) warmtepompen of op basis van lokale warmtenetten. De analyse bouwt voort op het Toekomstbeeld van het regionaal verbonden warmtenet, waarin wijken zijn opgenomen waarvoor gemeenten hebben aangegeven dat een middentemperatuur warmtenet een logische of mogelijke oplossing is. De twee warmtenetalternatieven worden vergeleken met een scenario met warmtepompen (het nulalternatief). De maatschappelijke kosten en baten worden over een periode van 50 jaar afgewogen. De MKBA is voor wat betreft het waarderen van de effecten op het elektriciteitsnet en op netcongestie gezamenlijk uitgewerkt met Liander.

### Het maatschappelijke kosten-batensaldo van het regionaal warmtenet is vergelijkbaar met dat van individuele warmtepompen en lokale warmtenetten

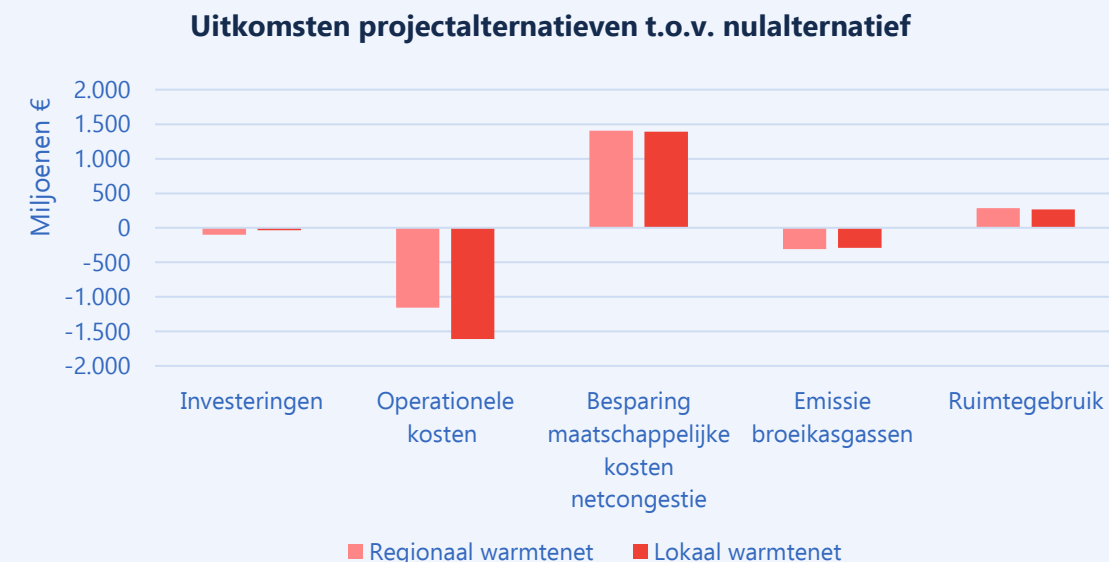
De verschillen in uitkomsten tussen de projectalternatieven en het nulalternatief zijn klein en vallen binnen de onzekerheidsmarges. Op basis van deze MKBA kunnen daarom geen eenduidige conclusies worden getrokken over de maatschappelijke wenselijkheid van een regionaal warmtenet of lokale warmtenetten in Holland Rijnland ten opzichte van individuele warmtepompen.

Uitkomsten MKBA (in mln EUR, netto contant)	Regionaal warmtenet	Lokale warmtenetten
Kosten t.o.v. nulalternatief	6.228,0	6.603,7
Baten t.o.v. nulalternatief	6.353,9	6.328,1
<b>Baten-kostensaldo</b>	<b>125,9</b>	<b>- 275,5</b>
<b>Baten-kostenratio</b>	<b>1,02</b>	<b>0,96</b>

Het regionale warmtenet laat een licht positief baten-kostensaldo zien van €126 miljoen (circa +2%), terwijl het lokale warmtenet een licht negatief baten-kostensaldo van € 276 miljoen (circa -4%).

Hoewel de onderzochte alternatieven verschillen in type investeringen, zijn de totale investeringskosten nagenoeg gelijk. De operationele kosten van de warmtenetalternatieven liggen daarentegen beduidend hoger dan in het nulalternatief met individuele warmtepompen. Hier staat echter een aanzienlijke besparing op maatschappelijke kosten van netcongestie tegenover bij de warmtenetten. Het verschil tussen het regionale en de lokale warmtenetten wordt voornamelijk verklaard door hogere operationele kosten bij de lokale warmtenetten, in het bijzonder de elektriciteitskosten voor het opwaarderen van warmte uit de laagtemperatuurbronnen.

Van belang is dat zowel in het nulalternatief als in de projectalternatieven is uitgegaan van isolatie tot schillabel B. Voor een aansluiting op een warmtenet volstaat in principe schillabel D. Bij isoleren tot schillabel D vallen de isolatiekosten bij de warmtenetalternatieven circa € 1 miljard lager uit. Een kanttekening hierbij is wel dat een minder goede isolatie zorgt voor een grotere warmtevraag van deze woningen en utiliteiten, en een lagere woningwaarde door het minder goede energielabel.



# Management samenvatting

## **Warmtenetten besparen veel extra maatschappelijke kosten bij optreden van vertraging in de verzwarening van het elektriciteitsnet**

Door middel van een gevoeligheidsanalyse is gekeken wat het effect is als de tussen 2035 en 2040 geplande verzwareningen van het elektriciteitsnet met twee jaar vertragen. In dit scenario loopt het baten-kostensaldo van het regionale warmtenet op tot circa € 1,7 miljard positief en overstijgen de baten de kosten met 27%, respectievelijk € 1,1 miljard en 17% bij lokale warmtenetten. Vertraging is niet onrealistisch. Netbeheerders wijzen namelijk op een zogenoemd maakbaarheidsgat, veroorzaakt door structurele tekorten aan technisch geschoold personeel, schaarste aan materialen en beperkte fysieke ruimte voor transformatorhuisjes en elektriciteitsstations.

Vertraging in de netuitbreiding leidt tot aanzienlijk hogere maatschappelijke kosten, doordat netcongestie langer aanhoudt - met name in een scenario waarin grootschalig wordt ingezet op individuele warmtepompen. Een regionaal warmtenet beperkt de extra belasting van het elektriciteitsnet, waardoor de maatschappelijke kosten van netcongestie afnemen. In een dergelijk scenario neemt de maatschappelijke meerwaarde van het warmtenetten dan ook substantieel toe. Daarbij gaat het minder om de huidige congestiesituatie en vooral om toekomstige congestiegolven. Dit onderstreept dat warmtenetten, met name in een context waarin netcongestie structureel en bepalend is, in Holland Rijnland aanzienlijke maatschappelijke meerwaarde kunnen hebben.

## **Tempo in de uitrol van warmtenetten is nodig om maatschappelijke meerwaarde te effectueren**

De maatschappelijke kosten van netcongestie kunnen zeer groot zijn en in sterke mate bepalend voor de uitkomsten van deze MKBA. Uit de analyse blijkt dat de warmtenetalternatieven met name vanaf de middellange termijn (2030–2040) bijdragen aan

het afremmen van de groei van de vraag naar elektriciteitstransportcapaciteit. Dit is van groot belang om een tweede congestiegolf, die rond 2036 wordt verwacht, te voorkomen of te beperken in duur en omvang. Het is daarbij wel noodzakelijk dat, om deze maatschappelijke meerwaarde te effectueren, tempo gemaakt wordt in de uitrol van warmtenetten en de participatiegraad hoog is. Conform het Toekomstbeeld is er in de MKBA vanuit gegaan dat de eerste woningen en bedrijven zich vanaf 2029 aansluiten op het warmtenet. In de daaropvolgende jaren zorgt het warmtenet in steeds verder toenemende mate voor een afremming van de vraag naar transportcapaciteit ten behoeve van elektriciteit ten opzichte van het nulalternatief.

## **Warmtenetten versterken de robuustheid van het energiesysteem en ontzorgen bewoners, maar brengen ook afhankelijkheden en complexiteit met zich mee.**

Warmtenetten vergen evenals het nulscenario kapitaalintensieve investeringen in infrastructuur. Het voordeel van warmtenetten is dat zij bijdragen aan een robuuster energiesysteem: ze verminderen de afhankelijkheid van elektriciteit, benutten diverse lokale en regionale warmtebronnen en verlagen de druk op het elektriciteitsnet. Daarnaast ontzorgen zij bewoners in zekere mate, doordat investeringen, beheer en onderhoud collectief worden georganiseerd.

Tegelijkertijd vergroten warmtenetten de afhankelijkheid van bewoners van gemeenten en het warmtebedrijf. Bewoners hebben doorgaans beperkte invloed op planning, tariefstelling en de eigendomsstructuur van de warmtevoorziening. Ook kennen warmtenetten een grotere bestuurlijke en organisatorische complexiteit in de ontwikkel- en realisatiefase. Een succesvolle uitvoering vraagt daarom om nauwe samenwerking tussen gemeenten, het warmtebedrijf, het Rijk en netbeheerder Liander, zowel op het gebied van planning en governance als bij investeringsbeslissingen.

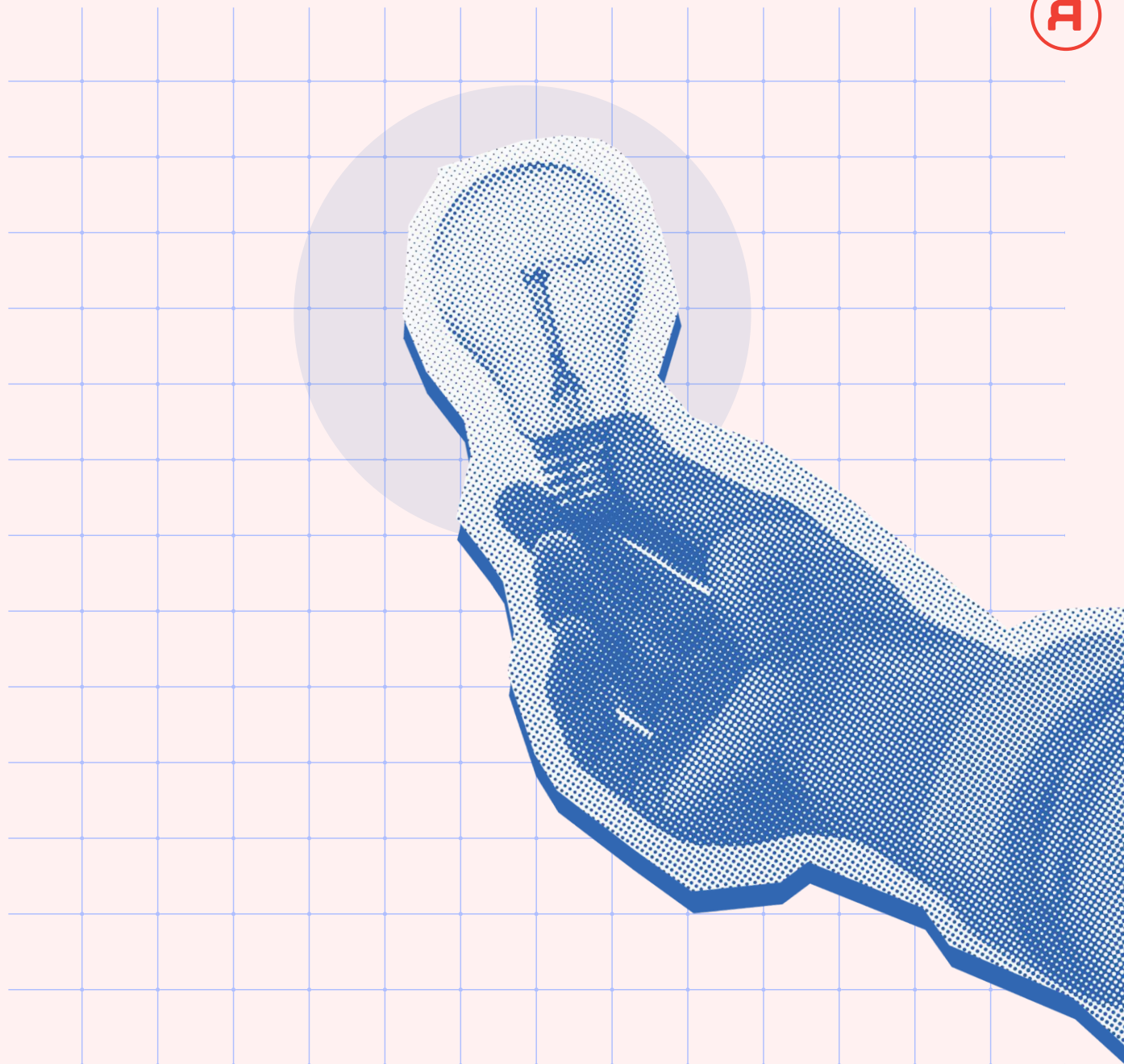
# Inhoudsopgave

<b>1. Introductie</b>	<b>5</b>
1.1 Aanleiding en doel MKBA	6
1.2 Onderzoekverantwoording	8
1.3 Leeswijzer	10
<b>2. Beschrijving nulalternatief en projectalternatieven</b>	<b>11</b>
2.1 Afbakening	12
2.2 Overzicht onderzoeksalternatieven	14
2.3 Nulalternatief – Individuele warmtepompen	15
2.4 Projectalternatief 1 – Regionaal warmtenet	16
2.5 Projectalternatief 2 – Lokale warmtenetten	17
<b>3. Effecten</b>	<b>18</b>
3.1 Kwantitatieve effecten	19
Uitgelicht: impact van warmtenet elektriciteitsnet	24
3.2 Kwalitatieve effecten	27
<b>4. Resultaten</b>	<b>30</b>
4.1 Uitkomsten MKBA	31
Uitgelicht: absolute uitkomsten	32
4.2 Resultaten: kosten in de MKBA	33
4.3 Resultaten: baten in de MKBA	36
4.4 Resultaten: gevoeligheidsanalyse	42
<b>5. Conclusie</b>	<b>45</b>
Bijlagen	43



HOOFDSTUK 1

# Introductie



## 1.1 Aanleiding en doel MKBA

### Aanleiding MKBA

De RES-regio Holland Rijnland bestaat uit 13 gemeenten, de provincie Zuid-Holland en het Hoogheemraadschap van Rijnland en Liander. Binnen de regio zijn 3 warmte sub-clusters actief: Warmte Leidse Regio (WLR), de Collectieve Warmte Bollenstreek (CWB) en Alphen aan den Rijn. Uit onderzoeken blijkt dat er kansen liggen om deze sub-clusters onderling te verbinden via een regionaal verbonden warmtesysteem. Dit maakt de ontwikkeling van grote warmtebronnen mogelijk en kan leiden tot een efficiëntere inzet van die warmtebronnen en een versterking van de robuustheid van het energiesysteem.

Uit verschillende onderzoeken blijkt echter dat een (regionaal) warmtenet in de huidige marktomstandigheden financieel niet haalbaar en betaalbaar is. Hoewel bestaand en voorgenomen rijksinstrumentarium, zoals de warmte-investeringsubsidie (WIS), bijdraagt aan de financiering, is dit onvoldoende om het project sluitend te maken en de betaalbaarheid voor de eindgebruikers te borgen. Om een eventuele aanvullende bijdrage van het Rijk te kunnen onderbouwen, acht de RES Holland Rijnland het noodzakelijk om niet alleen de financiële, maar ook de maatschappelijke waarde van een (regionaal) warmtenet inzichtelijk te maken, ten opzichte van alternatieve verduurzamingsopties zoals individuele warmtepompen. Immers is inzet van publieke middelen alleen gewenst als er sprake is van maatschappelijke meerwaarde.

Daarnaast leven bij gemeenten vragen over de maatschappelijke meerwaarde van één groot regionaal warmtenet ten opzichte van meerdere kleinere, lokale warmtenetten. Om te onderzoeken of een regionaal warmtenet maatschappelijke meerwaarde heeft is een maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA) uitgevoerd. In deze MKBA worden de kosten en baten van verschillende warmteoplossingen zo veel mogelijk gekwantificeerd en systematisch tegen elkaar afgewogen.

### Doelstelling en onderzoeksvraag van de MKBA

De centrale vraag van dit onderzoek is of de aanleg van een regionaal warmtenet meer maatschappelijke meerwaarde oplevert dan de twee belangrijkste alternatieven: individuele (all-electric) warmtepompen en lokale warmtenetten.

Alle drie de warmteopties dragen bij aan de verduurzaming van de warmtevoorziening in de regio Holland Rijnland. De MKBA vergelijkt deze alternatieven door de maatschappelijke kosten en baten systematisch tegen elkaar af te wegen. De uitkomsten ondersteunen gemeenten bij het maken van een weloverwogen maatschappelijke keuze over de wijze waarop de regio haar warmtevoorziening wil verduurzamen. De centrale onderzoeksvraag luidt daarom:

***Wat zijn de maatschappelijke kosten en baten van een regionaal warmtenet in vergelijking met alternatieve warmteoplossingen (individuele warmtepompen en lokale warmtenetten)?***

De MKBA biedt belangrijke inzichten, maar kent ook beperkingen. In vrijwel elke MKBA zijn er kosten en baten die weliswaar kwalitatief beschreven kunnen worden, maar die niet of slechts gedeeltelijk gekwantificeerd kunnen worden. In de praktijk geldt dit vaker voor baten dan voor kosten. Daarnaast geeft de MKBA geen antwoord op verdelingsvraagstukken of politieke keuzes. Hoewel de verschillen in totale kosten en baten tussen de onderzochte alternatieven duidelijk worden, doet de analyse geen uitspraken over de manier waarop deze kosten en baten worden verdeeld, noch over de sociale rechtvaardigheid daarvan. De recent opgestelde businesscase biedt hiervoor een beter inzicht, omdat daarin specifiek is uitgewerkt waar welke kosten (kunnen) landen.

Het is belangrijk om de MKBA niet te zien als een definitief oordeel over de wenselijkheid van een regionaal warmtenet, maar als een besluitvormingsinstrument dat gemeenten helpt bij een bredere beleidsmatige afweging.

## 1.1 Aanleiding en doel MKBA

### Interactie met andere trajecten

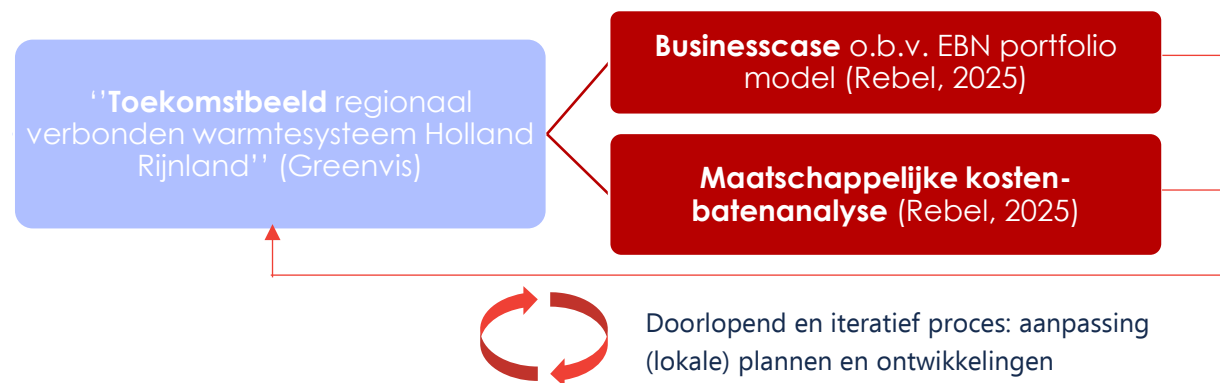
Eerder zijn vergelijkende onderzoeken uitgevoerd, waarbij de nationale kosten van verschillende warmteoplossingen voor Holland Rijnland met elkaar zijn vergeleken. Deze globale verkenning op basis van kengetallen gaf voldoende aanleiding om samen een Toekomstbeeld uit te werken. Tegelijkertijd was dit onderzoek niet voldoende uitgewerkt en onderbouwd om als openbaar document te worden gebruikt als onderbouwing bij besluitvorming. Op basis van de kansen in de regio voor warmtenetten en inzichten uit de gemeenten is door Greenvis een globale visie voor de regio uitgewerkt: **'Toekomstbeeld regionaal warmtesysteem Holland Rijnland'** (hierna: Toekomstbeeld). Dit MKBA-onderzoek werkt vanuit het Toekomstbeeld, waarvan maatschappelijke effecten worden gemonetariseerd. In de MKBA wordt bovendien expliciet de relatie met het elektriciteitsnet onderzocht. Daarbij staat de vraag centraal in hoeverre de inzet van een regionaal warmtenet of lokale warmtenetten kan bijdragen aan het beperken van maatschappelijke kosten en effecten van netcongestie, in vergelijking met een scenario waarin primair wordt ingezet op individuele all-electric warmtepompen.

Rebel heeft een globale **businesscase** voor het regionale warmtenet in Holland Rijnland (het Toekomstbeeld) opgesteld a.d.h.v. het portfoliomodel van EBN. In algemene zin vullen een

MKBA en een businesscase elkaar aan. De businesscase geeft globaal inzicht in de financiële haalbaarheid en betaalbaarheid van het regionale warmtenet, zowel op gebiedsniveau als voor de afzonderlijke betrokken partijen. Daarnaast maakt de businesscase inzichtelijk welke mate van subsidie of aanvullende ondersteuning vanuit het Rijk nodig is om het project financieel mogelijk te maken en wat optimalisatiemogelijkheden zijn, waaronder de fasering van de ontwikkeling van het warmtenet.

De MKBA brengt daarnaast de bredere maatschappelijke kosten en baten in beeld en vergelijkt het regionale warmtenet met alternatieve warmteoplossingen. Daarbij worden zowel financiële als niet-financiële effecten over de lange termijn meegenomen.

De in dit onderzoek gehanteerde Toekomstbeeld, de businesscase en de MKBA bieden inzicht in de mogelijkheden voor de warmtetransitie in de regio. Ze helpen om langetermijnopties, evenals kosten en baten, mee te wegen bij het maken van keuzes voor de komende jaren. Op basis van nieuwe ontwikkelingen en inzichten wordt het Toekomstbeeld periodiek geactualiseerd; het betreft daarmee een meebewegend ontwerp. Zo krijgen lokale ontwikkelingen een plek in het regionale perspectief en wordt inzichtelijk wat op basis van lokale keuzes regionaal mogelijk én wenselijk is. Deze MKBA, gebaseerd op het Toekomstbeeld Q1 2025, vormt daarmee een momentopname.



## 1.2 Onderzoekverantwoording

### Aanpak van een MKBA

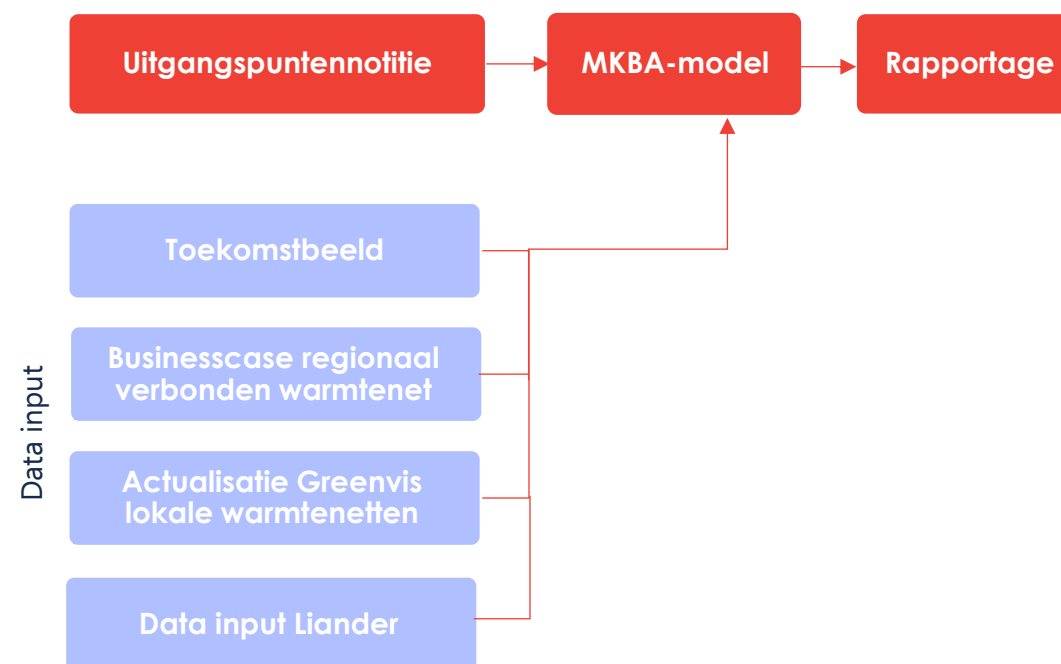
In het proces van totstandkoming van de MKBA is allereerst een uitgangspuntennotitie opgesteld met daarin de scope en uitgangspunten van het onderzoek. De RES-partners (gemeenten, de provincie Zuid-Holland en Hoogheemraadschap van Rijnland) en een brede stakeholdergroep zijn betrokken geweest bij het leveren van feedback ten behoeve van het vaststellen van de definitieve scope en uitgangspunten. Dit heeft geleid tot aanscherpen van uitgangspunten, zoals het uitgangspunt isoleren tot label B voor alle alternatieven. De stakeholdergroep bestond uit vertegenwoordigers van EBN, PBL, GasUnie, Firan, D4, Holland Rijnland Wonen (vertegenwoordiger van woningcorporaties) en Rijnland Energie (regionaal samenwerkingsverband van energie coöperaties in Holland Rijnland). De RES-partners en stakeholders hebben ook een concept rapport van feedback voorzien.

De MKBA bouwt voort op het Toekomstbeeld van regionaal verbonden warmtenet, dat de voornaamste technische input vormt voor de analyse. Daarnaast sluiten de gehanteerde data en aannames expliciet aan op het businesscase-model dat parallel is ontwikkeld. Hierdoor sluiten de verschillende analyses inhoudelijk en methodisch goed op elkaar aan (zie [paragraaf 1.1](#)). Het Toekomstbeeld en de businesscase vormen samen de belangrijkste databronnen voor de MKBA. Voor het projectalternatief met lokale warmtebronnen heeft Greenvis een apart ontwerp gemaakt. Hierin staat data input van technische specificaties voor de MKBA, zodat ook dit alternatief consistent en vergelijkbaar kan worden meegenomen in de analyse.

De aanpak voor het waarderen van netcongestie en de bijbehorende investeringskosten (capex) in het elektriciteitsnet is gezamenlijk ontwikkeld met Liander. Liander heeft hiervoor ramingen aangeleverd van de verwachte netcongestie onder de verschillende alternatieven, evenals een kostenraming van de benodigde investeringen in het elektriciteitsnet. De

waardering van netcongestie vindt plaats op basis van een onderzoek van Ecorys.<sup>1</sup>

Voor de waardering van overige maatschappelijke effecten wordt gebruikgemaakt van algemeen aanvaarde kostenkennallen, onder andere voor CO<sub>2</sub>-uitstoot, milieukosten en grondkosten, afkomstig uit nationale richtlijnen en gangbare studies. Hiermee wordt aangesloten bij de standaardmethodiek voor MKBA's en wordt de vergelijkbaarheid en robuustheid van de resultaten vergroot.



1. Ecorys (2025), *De netto maatschappelijke kostprijs van netcongestie*, – [link](#)

## 1.2 Onderzoekverantwoording

### Onderzoeksmethodiek van de MKBA

Dit onderzoek is uitgevoerd volgens de standaardmethodiek voor maatschappelijke kosten-batenanalyses (MKBA).<sup>1</sup> Hieronder worden de belangrijkste stappen van deze methodiek toegelicht en wordt beschreven hoe deze in dit onderzoek zijn toegepast.

- **MKBA's wordt opgesteld door (verschillende varianten van) een project of initiatief (de 'projectalternatieven') te vergelijken met de situatie waarin dit project of initiatief niet plaatsvindt (het 'nulalternatief').** De projectalternatieven zijn de varianten waarvan met behulp van de MKBA de maatschappelijke meerwaarde wordt onderzocht. In deze studie omvatten de projectalternatieven de realisatie van een warmtenet in Holland Rijnland, in twee varianten: één regionaal warmtenet (projectalternatief 1) en 69 lokale warmtenetten (projectalternatief 2). Een nulalternatief beschrijft de verwachte toekomstige ontwikkeling zonder uitvoering van het project, waarbij wordt uitgegaan van reeds vastgesteld of aannemelijk beleid, autonome technologische, demografische en economische ontwikkelingen en beperkte mitigerende maatregelen. In deze MKBA vormt het nulalternatief de referentie zonder warmtenet. Daarbij wordt verondersteld dat woningen worden verduurzaamd en van het aardgas afgaan, aangezien dit vaststaand beleid is, door middel van individuele all-electric warmtepompen.
- **In de MKBA worden alle effecten – zowel financieel als niet-financieel – over een lange termijn met elkaar vergeleken.** Financiële effecten zijn bijvoorbeeld investeringen en exploitatiekosten. Niet financiële effecten zijn bijvoorbeeld de uitstoot van broeikasgassen, ruimtelijke impact en effecten optredend vanuit netcongestie. Waar mogelijk worden deze effecten gemonetariseerd; wanneer dat niet kan, worden zij kwalitatief beschreven.
- **De MKBA is een verschillenanalyse** en richt zich op de maatschappelijke verschillen tussen het nulalternatief en de projectalternatieven. De kostenposten bestaan daarom uit de meerkosten van een projectalternatief t.o.v. het nulalternatief, terwijl de

batenposten besparingen vertegenwoordigen t.o.v. het nulalternatief. Ter illustratie: in de projectalternatieven worden investeringen in individuele warmtepompen vermeden, wat als baten worden meegenomen. Effecten die in zowel het nulalternatief als de projectalternatieven optreden, vaak veroorzaakt door autonome ontwikkelingen (e.g. afnemende warmtevraag door klimaatverandering en toenemende elektriciteitsvraag door elektrificatie) worden niet afzonderlijk als effect geanalyseerd, omdat zij geen verschil veroorzaken tussen de alternatieven. Wel worden bepaalde autonome ontwikkelingen meegenomen als inputvariabelen in het MKBA-model.

- **Subsidies en kostprijsverhogende belastingen worden in deze MKBA niet meegenomen.** De MKBA-methodologie schrijft voor dat subsidies en belastingen consistent wél of consistent niet moeten worden meegenomen. In deze MKBA is ervoor gekozen om ze niet mee te nemen. In principe zijn belastingen een herverdeling van middelen tussen Rijk en andere partijen. De MKBA richt zich op het totale maatschappelijke kosten- en batenbeeld, ongeacht welke partij deze kosten draagt of baten ontvangt.

### Gevoeligheidsanalyse

Deze MKBA is een veelomvattend onderzoek naar maatschappelijke en systeemeffecten op de lange termijn en kent daardoor onvermijdelijk substantiële onzekerheidsmarges in een aantal aannames. Dit geldt met name voor effecten die sterk afhankelijk zijn van beleidskeuzes en van onzekere toekomstige ontwikkelingen, zoals de mate van optreden van netcongestie. In de presentatie van de resultaten wordt deze onzekerheid expliciet gemaakt, door gevoeligheidsanalyses uit te voeren.

In de MKBA volgen we in ieder geval de gevoeligheidsanalyses voor de discontovoeten zoals voorgeschreven. Daarnaast hanteren we het principe dat de gevoeligheidsanalyses moeten aansluiten op de grootste waardedrijvers in de MKBA (hoge kosten- en batenposten) en op posten waar relatief veel onzekerheid over bestaat.

1. Centraal Planbureau & Planbureau voor de Leefomgeving (2013), *Algemene Leidraad Maatschappelijke Kosten-Baten Analyse (MKBA)* – [link](#)

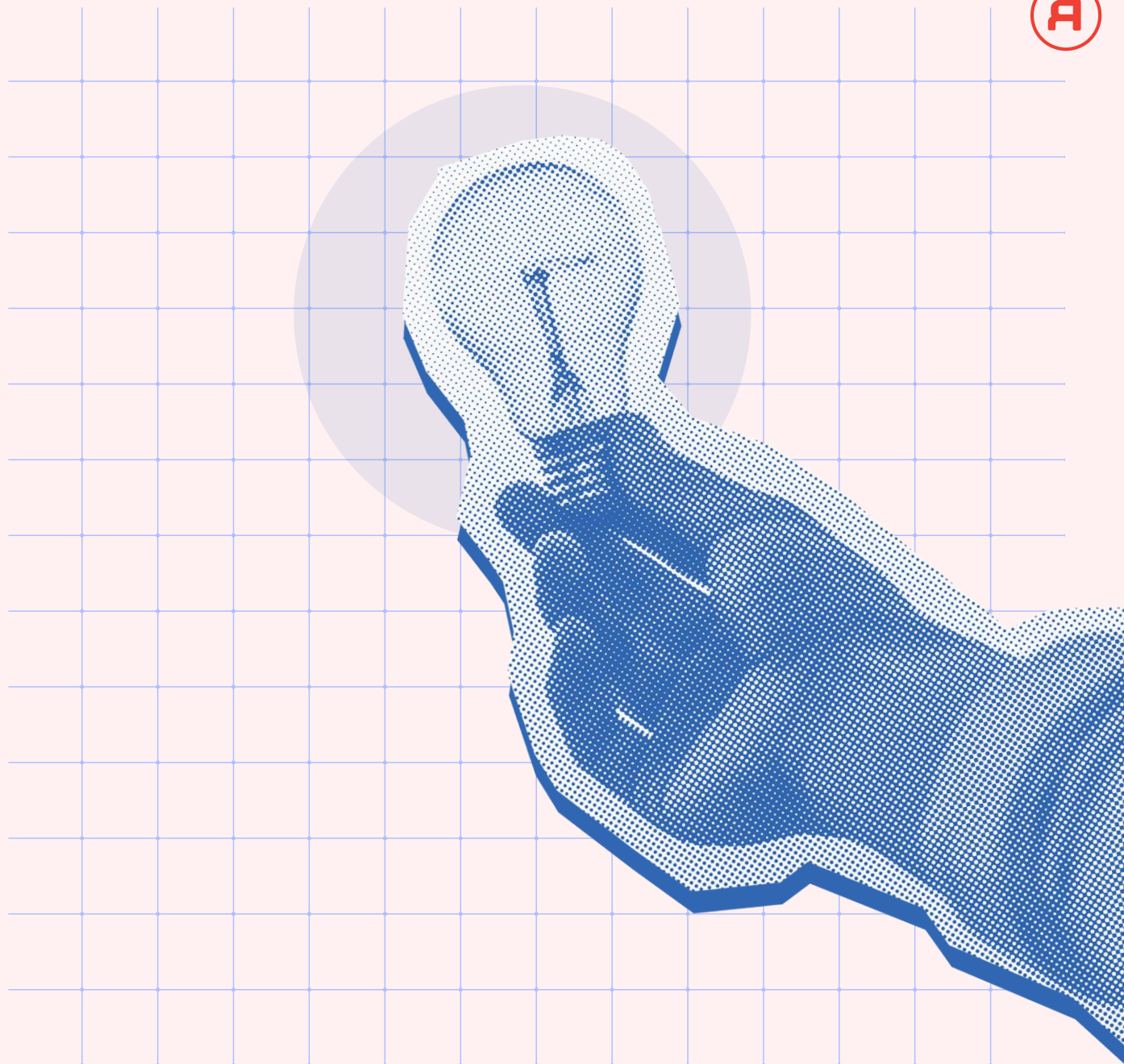
## 1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 beschrijven we de nul- en projectalternatieven. Hoofdstuk 3 gaat in op de effecten (kosten- en batenposten) die in de MKBA worden berekend voor de nul- en projectalternatieven. In hoofdstuk 4 presenteren we de uitkomsten van de MKBA en laten we zien hoe deze worden beïnvloed door variaties in de achterliggende aannames. Ten slotte geven we in hoofdstuk 5 onze beschouwing en duiding van de resultaten.

1. Introductie	2. Beschrijving nulalternatief en projectalternatieven	3. Effecten	4. Resultaten	5. Conclusie
<b>1.1 Aanleiding en doel</b> Toelichting aanleiding, doelstellingen, onderzoeksvragen van de MKBA en de interactie met andere trajecten.	<b>2.1 Afbakening</b> Toelichting scope van het onderzoek.	<b>3.1 Kwantitatieve effecten</b> Omschrijving berekende meerkosten en baten voor beide projectalternatieven ten opzichte van het nulalternatief.	<b>4.1 Overkoepelende resultaten</b> Presentatie uitkomsten van het MKBA-model.	<b>5. Conclusies</b> Beschouwing op de resultaten.
<b>1.2 Onderzoeksverantwoording</b> Toelichting (standaard)methodiek MKBA en afbakening onderzoek.	<b>2.2 Overzicht onderzoeksalternatieven</b> Schematisch overzicht van wat het nul- en de projectalternatieven inhouden.	<b>Uitgelicht:</b> Impact van het warmtenet op het elektriciteitsnet	<b>4.2 Resultaten: kosten in de MKBA</b> Resultaten van de kostenposten investeringen en operationele kosten.	
<b>1.3 Leeswijzer</b> Toelichting structuur van rapportage	<b>2.3 Nulalternatief – Individuele warmtepompen</b> Beschrijving referentie zonder warmtenet, waarbij woningen worden verduurzaamd met individuele all-electric warmtepompen.	<b>3.2 Kwalitatieve effecten</b> Omschrijving positieve en negatieve kwalitatieve effecten voor beide projectalternatieven ten opzichte van het nulalternatief.	<b>4.2 Resultaten: baten in de MKBA</b> Resultaten van de batenposten maatschappelijke effecten netcongestie, bespaarde investeringen en operationele kosten, uitstoot van broeikasgassen en ruimtegebruik.	
	<b>2.4 Projectalternatief 1 – Regionaal warmtenet</b> Beschrijving van het projectalternatief regionale MT-warmtenet, met regionaal warmtetransport en inzet regionale warmtebronnen.		<b>4.4 Resultaten: gevoeligheidsanalyses</b> Toelichting effecten van aanpassingen in achterliggende aannames van grote waardedrijvers op uitkomsten.	
	<b>2.5 Projectalternatief 2 – Lokale warmtenetten</b> Beschrijving projectalternatief met 69 lokale MT-warmtenetten met WKO's, aquathermie en collectieve warmtepompen.			

HOOFDSTUK 2

# Beschrijving nulalternatief en projectalternatieven

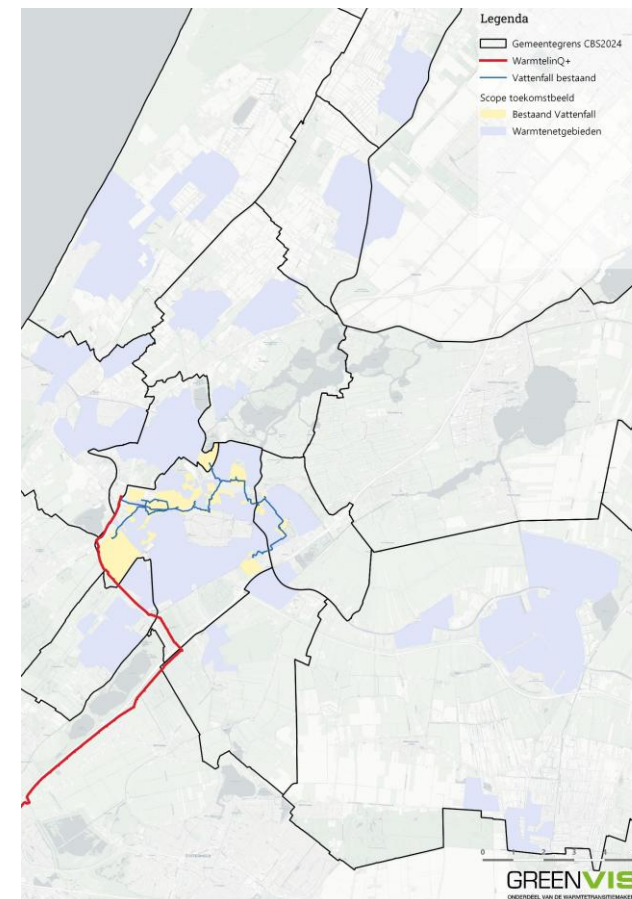


## 2.1 Afbakening

Deze paragraaf beschrijft de afbakening van het onderzoek. We gaan in op de schaal waarop effecten worden meegenomen, de geografische scope, de warmtevraag binnen het gebied die wel en niet in scope is, de fasering van aansluitingen op het warmtenet, en de zichtperiode waarbinnen de effecten worden beschouwd.

### Afbakening

- **Geografische scope:** De analyse richt zich specifiek op 11 van de 13 gemeenten in de regio Holland Rijnland die kunnen worden aangesloten op het regionaal verbonden warmtenet (gemeenten Nieuwkoop en Kaag en Braassem vallen buiten scope), verdeeld over de 3 sub-clusters (Collectieve Warmte Bollenstreek, Warmte Leidse Regio en Alphen aan den Rijn). Voor de afbakening van de wijken die in aanmerking komen voor het regionale warmtenet is aangesloten bij het Toekomstbeeld. Alle wijken waarvoor gemeenten in hun Transitievisie Warmte (2021; hierna: TVW) hebben aangegeven dat een middentemperatuurwarmtenet een logische of mogelijke oplossing is, zijn in de analyse meegenomen, inclusief latere actualisaties door enkele gemeenten. Dit betreft een selectie van de woningvoorraad van Holland Rijnland en dus niet alle wijken binnen de betrokken gemeenten. Nieuwbouw en woningen met aansluitingen op het bestaande warmtenet van Vattenfall vallen buiten de scope.
- **Schaal van effecten:** de kosten en baten worden op het niveau van heel Nederland beschouwd: **de effecten van het regionaal verbonden warmtenet in Holland Rijnland voor de Nederlandse maatschappij als geheel.** Er lijkt geen sprake te zijn van significante kosten of baten die in het buitenland neerslaan.
- **Warmtevraag en type afnemers:** De Nederlandse overheid heeft het doel gesteld om in 2050 alle gebouwen aardgasvrij te maken en volledig over te stappen op duurzame warmtebronnen. Dit beleid vormt een van de uitgangspunten van dit onderzoek; de aanname is dat alle woningen voor 2050 van het gas afstappen. **De analyse betreft warmtegebruikers binnen de gebouwde omgeving van de geografische scope**, waaronder: woningbouw (bestaande bouw) en kleinzakelijke gebruikers (bedrijven, scholen, kantoren en publieke gebouwen). Daarnaast zijn grootverbruikers (waaronder gebruikers vanuit de glastuinbouw) meegenomen als gebruikerscategorie, mits deze relevant zijn in de context van het regionale warmtenet. Voor de totale warmtevraag binnen de scope is aangesloten bij de recent opgestelde businesscase van het regionaal warmtenet.



	Woningen	Kleinzakelijk	Groot-zakelijk
<b>Totaal aantal in scope (#)</b>	180.394	9.151	532
<b>Participatiegraad</b>	80%	80%	50%
<b>Gemiddeld verbruik in 2030 (GJ/aansluiting)</b>	30	82	2033

Tabel 1: Warmtevraag in scope

## 2.1 Afbakening

- **Zichtperiode MKBA:** Het basisjaar van de MKBA is 2026, het jaar waarin dit onderzoek is afgerond. De aansluitperiode, waarin woningen en bedrijven aansluiten op een alternatieve warmtevoorziening loopt van 2025 tot en met 2050. Conform vaststaand nationaal beleid (Klimaatakkoord, 2019) dient Nederland in 2050 klimaatneutraal te zijn. Dit impliceert dat alle woningen en bedrijven uiterlijk in 2050 zijn overgestapt op een duurzaam warmtealternatief zonder aardgas.

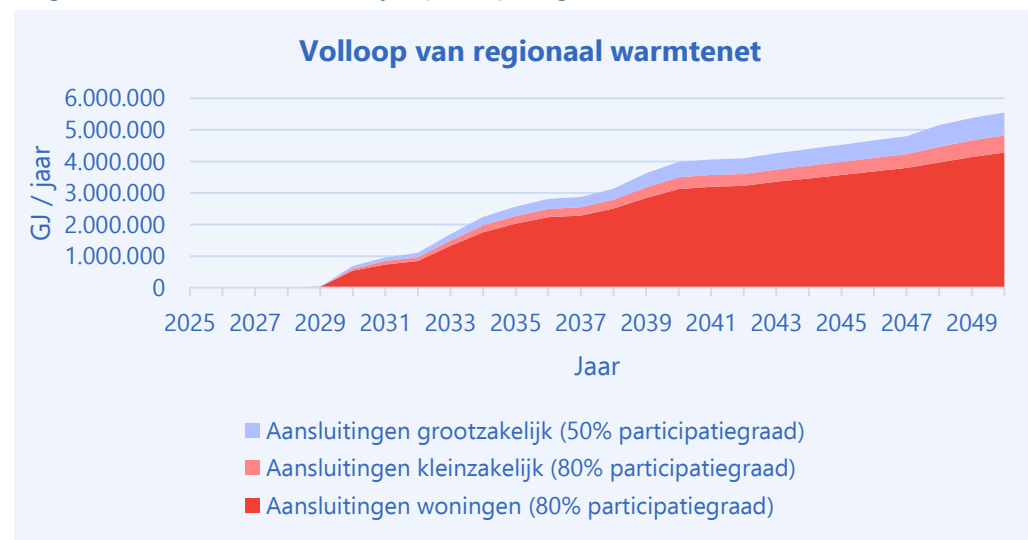
De kosten en baten worden beschouwd vanaf het jaar van aansluiten op de alternatieve warmtevoorziening, tot 2075. Dit sluit aan bij de langste levensduur van de verschillende assets van de duurzame opwek en infrastructuur (o.a. het warmtenet en elektriciteitsnet). **De zichtperiode beslaat dus de periode van 2025 tot 2075.**

- **Fasering:** Voor zowel het nulalternatief als de projectalternatieven is een **ingroeipad gehanteerd**. Het is niet realistisch dat alle woningen gelijktijdig overstappen op een duurzame warmtevoorziening; deze transitie verloopt gefaseerd. Er is aangesloten bij het ingroeipad dat is gehanteerd in de businesscase van het warmtenet (zie naastgelegen figuren). Dit ingroeipad is in samenwerking met de betrokken gemeenten opgesteld.

Een warmtenet kent een bouwperiode. In de analyse is aangenomen dat de eerste woningen op zijn vroegst in 2029 worden aangesloten. Deze aanname is niet waterdicht: in de jaren voorafgaand aan 2029 kunnen huishoudens er zelfstandig voor kiezen om over te stappen op een individuele warmtepomp, bijvoorbeeld wanneer de cv-ketel aan vervanging toe is of men niet langer wil of kan wachten. Om hiermee rekening te houden, is uitgegaan van een participatiegraad van 80%, wat betekent dat 80% van de woningen en kleinzakelijke afnemers in de voor een warmtenet kansrijke wijken zich daadwerkelijk aansluit. Voor de grootverbruikers wordt een participatiegraad van 50% gehanteerd. Om een goede vergelijking tussen de verschillende warmteoplossingen mogelijk te maken, is in zowel het regionale en lokale

warmtenetscenario als in het scenario met individuele warmtepompen hetzelfde ingroeipad gehanteerd. Het tempo van de uitrol van individuele warmtepompen is immers eveneens onzeker en sterk afhankelijk van aanvullend overheidsbeleid.

Tot slot is het van belang te benadrukken dat de MKBA is gebaseerd op de huidige marktomstandigheden en prijsniveaus. De bruikbaarheid van de MKBA in de toekomst is sterk afhankelijk van eventuele ingrijpende wijzigingen in het project, de beleidscontext of de economische kengetallen. Daarnaast is de MKBA opgesteld op basis van de veronderstelling dat in 2029 de eerste woningen op een warmtenet worden aangesloten. Indien vertraging optreedt, zijn de uitkomsten van de MKBA niet langer onverkort geldig. In dat geval treden bepaalde kosten en baten van het warmtenet later op en hebben zij binnen de zichtperiode een kortere werkingsduur. Bovendien neemt het risico toe dat particuliere woningeigenaren in de tussentijd overstappen op individuele warmtepompen, wat kan leiden tot een lagere participatiegraad en hogere kosten per aansluiting. Er zijn gevoeligheidsanalyses uitgevoerd voor deze uiteindelijke participatiegraad.



## 2.2 Overzicht onderzoeksalternatieven

Een maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA) is een verschillenanalyse waarin de maatschappelijke kosten en baten van één of meerdere projectalternatieven worden vergeleken met een nulalternatief (zoals omschreven in [1.2 Onderzoekverantwoording](#))

De onderstaande tabel geeft een overzicht van het nulalternatief en de twee

projectalternatieven: individuele all-electric warmtepompen, een regionaal verbonden warmtenet op middentemperatuur en lokale warmtenetten op middentemperatuur. Op de volgende pagina worden deze scenario's afzonderlijk toegelicht. In [bijlage 1](#) wordt nader gemotiveerd waarom in deze studie is gekozen voor deze duurzame warmteoplossingen en niet voor alternatieven zoals zeerlagetemperatuur (ZLT)-netten of klimaatneutrale gassen.

	NULALTERNATIEF	PROJECTALTERNATIEF 1	PROJECTALTERNATIEF 2
<b>Warmteoplossing</b>	<b>Individuele all-electric warmtepomp</b>	<b>Regionaal middentemperatuur-warmtenet</b>	<b>Lokale middentemperatuur-warmtenet</b>
<b>Warmtebronnen</b>	Lucht-water-warmtepomp maakt gebruik van omgevingswarmte (lucht)	Geothermie en industriële restwarmte (WLQ)	Ondiepe geothermie, aquathermie (uit oppervlaktewater en RWZI's), collectieve warmtepompen (met WKO-systemen)
<b>Lokale piek- en backup voor warmte</b>	-	Gasketels (o.b.v. aardgas met ingroeipad richting klimaatneutraal gas)	Gasketels (o.b.v. aardgas met ingroeipad richting klimaatneutraal gas)
<b>Isolatie<sup>1</sup></b>	Isolatie naar standaard (label B of beter) + aanpassingen warmteafgiftesysteem (35% van woningen)	Isolatie naar standaard (label B of beter)	Isolatie naar standaard (label B of beter)
<b>Participatiegraad warmtenet</b>	Woningen en kleinzakelijk: 0% Grootverbruikers: 0%	Woningen en kleinzakelijk: 80% Grootverbruikers: 50%	Woningen en kleinzakelijk: 80% Grootverbruikers: 50%
<b>Ruimtebeslag uitpandig</b>	Extra HS-, MS- en LS-stations (MSR's/ "trafohuisjes")	Aan warmtenet toe te rekenen besparing van HS-, MS- en LS-stations (MSR's/ "trafohuisjes") t.o.v. nulalternatief, warmtebronnen, bovengrondse infrastructuur warmtenet (incl. warmteoverdrachtsstations en regelstations)	Aan warmtenet toe te rekenen besparing extra HS-, MS- en LS-stations ((MSR's/ "trafohuisjes") t.o.v. nulalternatief, warmtebronnen, bovengrondse infrastructuur warmtenet (incl. warmteoverdrachtsstations en regelstations)
<b>Ruimtebeslag inpandig</b>	Binnenunit (incl. buffervat)+ buitenunit warmtepomp	Afleverzet	Afleverzet

Tabel 2: Overzicht nulalternatief en projectalternatief

1. **Isolatie:** In alle scenario's is uitgegaan van isolatie tot energielabel B. In overleg met de gemeenten binnen de Regionale Energiestrategie (RES) Holland Rijnland wordt aangenomen dat woningen worden geïsoleerd tot dit niveau. De warmtevraag per woning is hierop aangepast. Voor een aansluiting op een warmtenet volstaat in principe schillabel D.



## 2.3 Nulalternatief - Individuele warmtepompen

Het nulalternatief beschrijft de situatie waarin geen nieuwe warmtenetten worden aangelegd en de warmtevraag volledig wordt ingevuld met individuele, all-electric warmtepompen per woning.

➤ **Warmteoplossing:** In het nulalternatief wordt uitgegaan van individuele, gebouwgebonden all-electric warmtepompen. Wanneer geen collectief warmtenet wordt gerealiseerd, ligt het voor de hand dat bewoners individueel overstappen op elektrische warmtepompen om het beleidsdoel van een aardgasvrije gebouwde omgeving in 2050 te realiseren.

➤ **Warmtebronnen:** Elke woning beschikt over een individuele warmtebron in de vorm van een warmtepomp. In de praktijk betreft dit een mix van systemen (zoals lucht-water en bodemgebonden warmtepompen), afhankelijk van gebouwkenmerken en lokale omstandigheden. In de MKBA zijn deze varianten geaggregeerd tot één representatieve lucht-waterwarmtepomp. Deze techniek is relatief kostenefficiënt, breed toepasbaar en gangbaar in beleidsanalyses.

Daarnaast is verondersteld dat de warmtepomp is uitgerust met een buffervat voor de tapwatervoorziening. Dit is noodzakelijk om voldoende comfort en beschikbaarheid van warm tapwater te garanderen. Zonder een voldoende groot buffervat is de tapwatercapaciteit – en daarmee bijvoorbeeld de beschikbare douchetijd – beperkt.

➤ **Lokale piek- en back-upvoorziening:** Er is geen sprake van een lokale piek- en backupvoorziening omdat dit plaatsvindt binnen het centrale systeem. Wel is uitgegaan van warmtepompen met buffervaten voor tijdelijke opslag en piekafvlakking.

➤ **Participatiegraad:** Er is geen sprake van een warmtenet. De participatiegraad (van aansluiting op warmtenet) bedraagt daarom 0% voor woningen, kleinzakelijke gebruikers als grootverbruikers.

➤ **Ruimtebeslag:** Het uitpandige ruimtebeslag bestaat voornamelijk uit extra hoog-, midden- en laagspanningsstations ("trafo's") om de toegenomen elektriciteitsvraag op te vangen. Inpandig is ruimte nodig voor een warmtepomp met bijbehorende binnen- en buitenunit en met een buffervat.

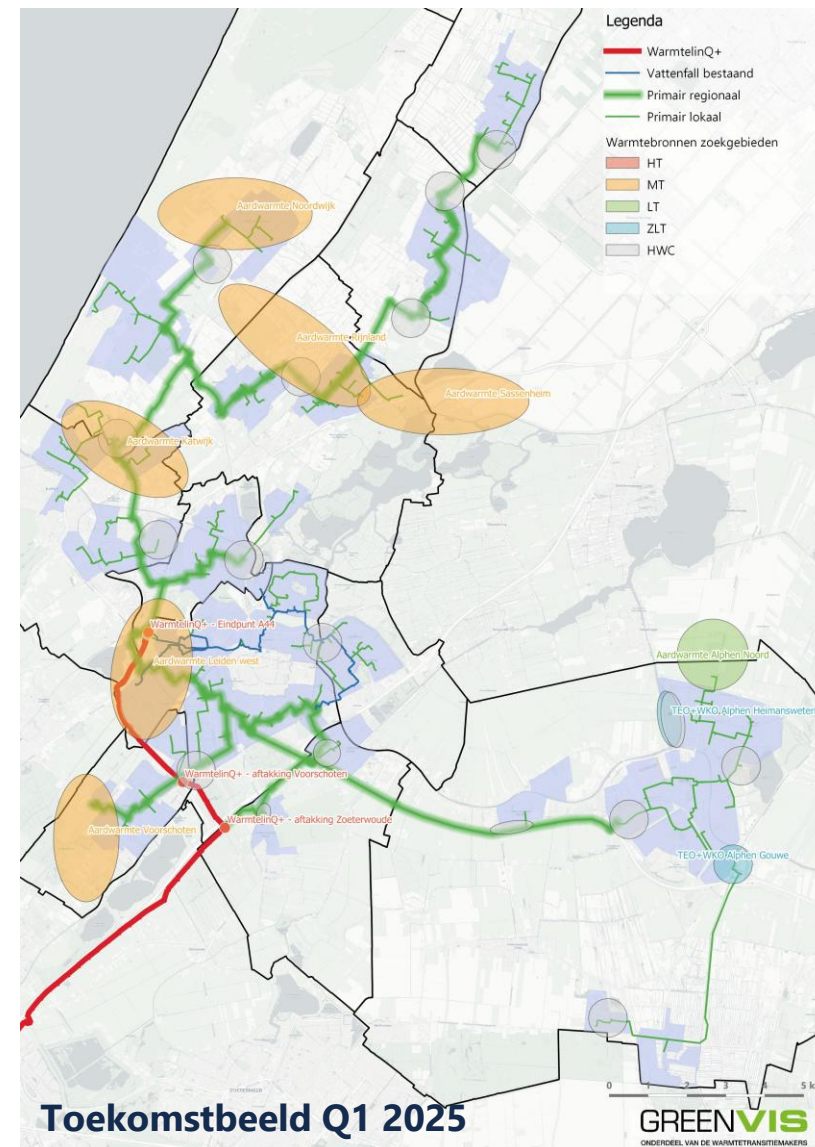
## 2.4 Projectalternatief 1 - Regionaal warmtenet

Projectalternatief 1 gaat uit van de aanleg van een regionaal verbonden middentemperatuur-warmtenet in Holland Rijnland, met regionale warmtebronnen.

- **Warmteoplossing:** Projectalternatief 1 betreft een regionaal verbonden middentemperatuur-warmtenet in Holland Rijnland, gebaseerd op het Toekomstbeeld. Sub-clusters in de regio worden gekoppeld via transportleidingen, zodat warmte regionaal kan worden uitgewisseld. De aanvoertemperatuur bedraagt circa 70 °C. Dit maakt het mogelijk om bestaande afgiftesystemen grotendeels te behouden en vereist geen aanvullende tapwatervoorzieningen.
- **Warmtebronnen:** De basislast wordt geleverd door een mix van regionale warmtebronnen: geothermie uit onder andere Noordwijk, Lisse, Oegstgeest, Voorschoten en Alphen aan den Rijn en aquathermie (thermische energie uit oppevlaktewater, TEO), in combinatie met warmtepompen voor opwaardering. Verder wordt gebruik gemaakt van industriële restwarmte (via uitbreiding van het bestaande WarmtelinQ+-netwerk).

In de berekeningen is expliciet rekening gehouden met warmteverliezen in transport en distributie. Dat betekent dat minder warmte in de woningen aankomt dan er bij de bron wordt geproduceerd. De bronnen zijn daarom zodanig gedimensioneerd dat zij meer warmte leveren dan de uiteindelijke warmtevraag van huishoudens, om deze verliezen te compenseren.

- **Lokale piek- en back-upvoorziening:** Voor piek- en back-upvoorziening wordt per sub-cluster uitgegaan van gasketels. Daarnaast blijft een aansluiting op het elektriciteitsnet noodzakelijk voor hulpinstallaties en eventuele opwaardering van warmte.
- **Participatiegraad:** Er wordt uitgegaan van een participatiegraad van 80% voor woningen en kleinzakelijke gebruikers en 50% voor grootverbruikers. Aansluiting is niet verplicht; daarom wordt in de gevoeligheidsanalyse ook met lagere participatiegraden gerekend.
- **Ruimtebeslag:** Het uitpandige ruimtebeslag bestaat uit 4 warmteoverdrachtstations, 474 regelstations op wijkniveau en 11 bovengrondse voorzieningen bij geothermie-doubletten. Inpandig wordt in elke woning een warmteafleverset geplaatst.



Figuur: weergave van het Toekomstbeeld van het regionaal verbonden warmtesysteem in Holland Rijnland

Noot: Deze MKBA is gebaseerd op de versie van het Toekomstbeeld uit Q1 2025. Inmiddels zijn er nieuwe inzichten en verdere optimalisaties doorgevoerd. Deze aanpassingen zijn niet meegenomen in dit onderzoek. Voor de meest actuele stand van zaken wordt verwezen naar de betreffende gemeenten.

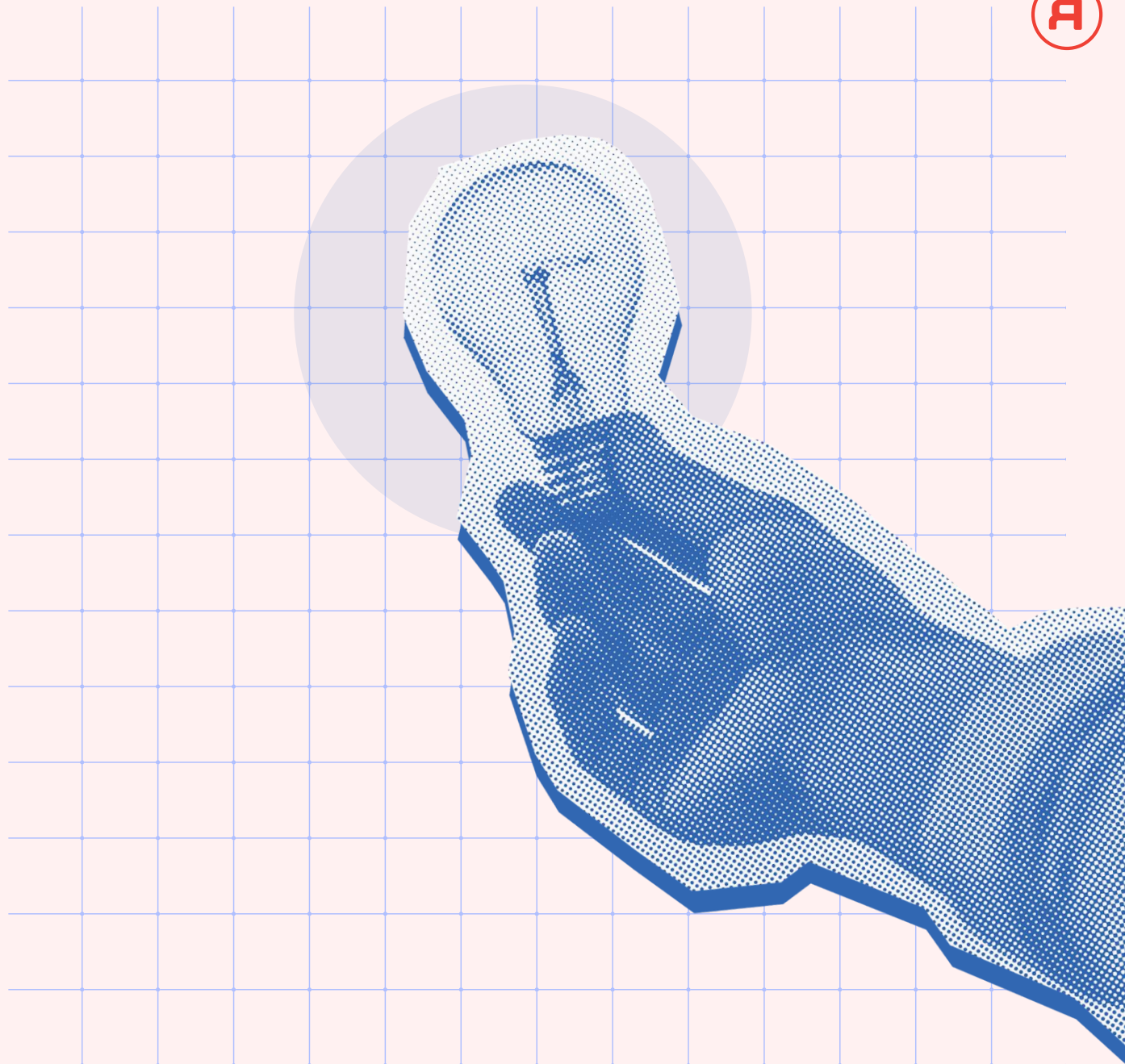
## 2.5 Projectalternatief 2 – Lokale warmtenetten

Projectalternatief 2 beschrijft een situatie met afzonderlijke lokale middentemperatuur-warmtenetten voor 69 warmtegebieden.

- ↪ **Warmteoplossing:** Projectalternatief 2 gaat uit van afzonderlijke, lokale middentemperatuur-warmtenetten voor 69 losse warmtegebieden. Elk warmtegebied krijgt een eigen lokaal warmtenet met een bijbehorende warmtebron. De aanvoertemperatuur bedraagt circa 70 °C. Hierdoor is de overstap voor bewoners relatief beperkt. Het bestaande afgiftesystemen kan grotendeels worden behouden en er zijn geen aanvullende tapwatervoorzieningen vereist.
- ↪ **Warmtebronnen:** De basislast met aquathermie (uit oppervlaktewater (TEO) of rioolwaterzuivering (TEA)), ondiepe geothermie (beperkt), opgewaardeerd met collectieve warmtepompen en in combinatie met warmte-koudeopslag (WKO).
- ↪ **Lokale piek- en back-upvoorziening:** Net als bij het regionale warmtenet wordt voor piek- en back-upvoorziening uitgegaan van gasketels.
- ↪ **Participatiegraad:** De participatiegraad is gelijk aan die in het regionale warmtenet: 80% voor woningen en kleinzakelijke gebruikers en 50% voor grootverbruikers.
- ↪ **Ruimtebeslag:** Het uitpandige ruimtebeslag bestaat uit 474 regelstations op wijkniveau. Inpandig wordt, net als in projectalternatief 1, een warmteafleverset geplaatst.

HOOFDSTUK 3

# Effecten



## 3.1 Kwantitatieve effecten

In dit hoofdstuk beschrijven we alle effecten die in de MKBA worden meegenomen. Eerst beschrijven we de effecten die we kwantitatief meenemen in de MKBA. We gaan in op de berekende meerkosten en besparingen voor beide projectalternatieven (regionaal warmtenet en lokale warmtenetten) ten opzichte van het nulalternatief. [Bijlage II](#) bevat daarnaast een overzicht van de belangrijkste kostenkentallen en onderliggende aannames.

### Investerings- en operationele kosten

Voor de investeringen geldt dat voor het warmtenet en de elektriciteitsinfrastructuur is uitgegaan van een opslag voor onzekerheid, projectmanagement en engineering van 20%, voor de overige investeringen is deze opslag 10%. Op deze aannames is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd, door het effect van tegenvallende of meevallende investeringen te analyseren (zie paragraaf 4.4).

#### Investerings warmtenet

Voor zowel het regionale warmtenet als de lokale warmtenetten worden de investeringskosten van de warmtebronnen, piek- en back-upvoorzieningen, de warmteinfrastructuur (zowel ondergronds als bovengronds), de aansluitleidingen en de afleversets meegenomen. Daarnaast worden eenmalig de ontwikkelings- en voorbereidingskosten meegenomen die voorafgaan aan de investerings- en exploitatiefase van het warmtenet. Deze kosten bedragen 5% van de totale investeringen in het warmtenet.

Naast de initiële investeringen zijn ook de herinvesteringen geraamd. De omvang en timing van deze herinvesteringen zijn afhankelijk van de levensduur van de verschillende onderdelen (assets) en het aandeel dat bij vervanging opnieuw moet worden geïnvesteerd (zie tabel). Specifiek voor de warmtebronnen geldt dat de levensduur per bron kan verschillen; in lijn met de businesscase wordt hiervoor gerekend met een gewogen gemiddelde levensduur van 20 jaar bij het regionale warmtenet. Voor het lokale warmtenetten-scenario wordt gerekend

met 15 jaar, vanwege de kortere levensduur van de bronnen die in dat alternatief worden gebruikt, zoals collectieve lucht-waterwarmtepompen en aquathermie. Aan het einde van de zichtperiode wordt tot slot rekening gehouden met de restwaarde van de assets.

#### Inpandige kosten

Voor zowel het nulalternatief als de warmtenetalternatieven geldt dat er inpandige kosten gemaakt dienen te worden in woningen en bedrijfsruimten. Voor het nulalternatief betreft het aanpassingen aan het warmteafgiftesysteem en uitbreiding van de meterkast. Op basis van de Startanalyse<sup>1</sup> gaan we er vanuit dat voor 35% van de woningen geldt dat aanpassingen in het afgiftesysteem nodig zijn, in de vorm van laagtemperatuur convectoren. We nemen geen aanleg van (duurdere) vloerverwarming mee. Voor het warmtenet betreft het maatregelen in de woning ‘achter’ de afleverset. Dit betreft onder meer de omkasting van de afleverset en het aansluiten van de bestaande verwarmingsinstallatie (radiatoren of vloerverwarming).

Levensduur	Levensduur (# jaar)	Aandeel herinvestering (% investeringskosten)
Bronnen warmtenet	20 jaar / 15 jaar	70,00 %
Piek en backup warmtenet	15 jaar	100,00 %
Ondergrondse infra warmtenet	50 jaar	25,00 %
Bovengrondse infra warmtenet	15 jaar	70,00 %
Aansluitleidingen warmtenet	50 jaar	25,00 %
Afleversets warmtenet	15 jaar	75,00 %

Tabel 3: levensduur en percentages voor herinvesteringen per onderdeel

## 3.1 Kwantitatieve effecten

### Operationele kosten warmtenet

Deze categorie omvat allereerst de beheer- en onderhoudskosten van de verschillende onderdelen (assets) van het warmtenet. Hiervoor worden jaarlijkse percentages van de investeringskosten gehanteerd (zie tabel). De gehanteerde percentages verschillen per type asset; zo vereisen warmtebronnen relatief meer onderhoud dan infrastructuur.

Voor het regionale warmtenet wordt bij de bronnen een percentage van 5% gehanteerd, terwijl er 4% wordt gehanteerd bij de lokale warmtenetten. De reden hiervoor is dat geothermie bij het regionale warmtenet de voornaamste bron is. Hiervoor gelden hogere B&O-percentages, omdat geothermie-systemen bestaan uit diepe productie- en injectieputten met pompen, warmtewisselaars en bovengrondse installaties. Deze installaties opereren onder hoge druk en temperatuur en zijn gevoelig voor slijtage.

Levensduur	Beheer en onderhoud (% investeringskosten)
Bronnen warmtenet	5% (regionaal warmtenet), 4% (lokale warmtenetten)
Piek en backup warmtenet	2%
Ondergrondse infra warmtenet	1%
Bovengrondse infra warmtenet	1,5%
Aansluitleidingen warmtenet	1%
Afleversets warmtenet	2%

Tabel 4: percentages beheer en onderhoud per onderdeel

Daarnaast omvat deze categorie de inkoop van warmte, elektriciteit en gas die nodig is voor de exploitatie van het warmtenet. Het gaat hierbij om de inkoop van elektriciteit (onder meer voor het opwaarderen van warmte, indien nodig, en voor de pompsystemen voor het transport van het water) en om de inkoop van gas voor de piek- en back-upvoorzieningen.

1. KEV 2024, tabellenbijlage – [link](#)

2. PBL – [link](#)

Voor de prijs van klimaatneutrale elektriciteit wordt uitgegaan van de groothandelsprijs elektriciteit zoals opgenomen in het KEV<sup>1</sup> plus een opslag voor overheadkosten. We nemen daarnaast aan dat het gasverbruik toegroeit naar 100% klimaatneutraal gas in 2050. Voor aardgas gebruiken we eveneens de prijzen uit het KEV, en voor klimaatneutraal gas de prijs die is gehanteerd in de Startanalyse<sup>2</sup>. De prijs voor klimaatneutraal gas ligt ca. viermaal hoger dan de prijs voor aardgas. Ook op de gasprijs is een opslag gerekend voor overheadkosten.

Zoals omschreven bevat het projectalternatief met een regionaal warmtenet meerdere geothermiebronnen. Bij het projectalternatief met lokale warmtenetten wordt uitgegaan van een tweetal ondiepe geothermiebronnen, wat zorgt voor een veel kleiner aandeel van de warmteopwek dan bij het regionale warmtenet. Bij geothermie wordt formatiegas opgepompt met het warme water uit de putten. Dit gas wordt in de projectalternatieven niet afgefakkeld, maar ingezet in een warmtekrachtkoppeling (WKK) om elektriciteit op te wekken. Deze elektriciteit wordt vervolgens aangewend voor de geothermiebron. In het model is hier expliciet rekening mee gehouden: er zijn investeringskosten voor een WKK opgenomen in elk van de geothermiebronnen en een deel van de elektriciteitsvraag van het systeem wordt gedekt door deze interne opwek. Hierdoor neemt de externe elektriciteitsvraag af, waardoor de operationele kosten worden verlaagd. Bij de verbranding van formatiegas komt wel CO<sub>2</sub> vrij. Deze emissies zijn meegenomen in de analyse (zie de paragraaf over milieukosten).

Naast de realisatie van nieuwe warmtebronnen wordt voor het regionale warmtenet ook warmte ingekocht uit bestaande bronnen. Hiervoor wordt een vergoeding gehanteerd. Het betreft warmte van WarmtelinQ en warmte van het bestaande Vattenfall warmtenet in Leiden. Het Vattenfall-net wordt echter ook grotendeels gevoed door WarmtelinQ, waarbij een flinke overcapaciteit bestaat. Dit betekent dat de warmte die door het regionale warmtenet wordt ingekocht bij het bestaande Vattenfall-net de facto afkomstig is van WarmtelinQ. Voor de bij Vattenfall ingekochte wordt een vaste kostencomponent gerekend, als benadering voor de extra aan te leggen infrastructuur die het warmtenet van Vattenfall koppelt aan het regionale warmtenet. In het lokale warmtenetten-scenario is geen sprake van warmte-inkoop.

## 3.1 Kwantitatieve effecten

### Besparing (her)investeringen en operationele kosten individuele warmtepompen

Voor deze post is het belangrijk te benadrukken dat er is gekozen om het onderscheid tussen kosten en baten te maken vanuit het perspectief van de projectalternatieven. De vraag is dus: wat zijn de kosten en baten van een regionaal warmtenet of lokale warmtenetten ten opzichte van het referentiealternatief met individuele (all-electric) warmtepompen? Vanuit dit perspectief vormt het vermijden van investeringen in individuele warmtepompen een baat van de projectalternatieven. In de analyse wordt rekening gehouden met herinvesteringskosten, waarbij wordt aangenomen dat warmtepompen een technische levensduur van 15 jaar hebben. Eventuele restwaarde aan het einde van de beschouwingsperiode worden hierin meegenomen.

Daarnaast worden de operationele kosten van individuele warmtepompen meegenomen. Deze bestaan uit jaarlijkse beheer- en onderhoudskosten van 1,5% van de investeringskosten. Verder verbruiken warmtepompen elektriciteit voor de warmteproductie. Dit elektriciteitsverbruik wordt berekend op basis van de gemiddelde warmtevraag per woning en de gemiddelde COP (een maat is voor de efficiëntie van de warmtepomp) van een warmtepomp, gegeven het energielabel van de woningen. De eigenschappen van de warmtepomp die we voor de kleinverbruikers (woningen en kleinzakelijke gebruikers) hebben aangenomen staan in de tabel hiernaast.

### Besparingen (her)investeringskosten en operationele kosten elektriciteitsnet

In de warmtenet-scenario's is er minder vraag naar transportcapaciteit van elektriciteit. Dit betekent niet alleen een besparing op de maatschappelijke gevolgen van netcongestie, maar ook dat het net minder verzaamd hoeft te worden (ten opzichte van het nulalternatief).

Deze besparing in netverzwaring krijgt vorm door een besparing op drie typen elektriciteitsstations: hoogspanningsstations (150/50 kV), middenspanningsstations (50/20 kV of 50/10 kV) en laagspanningsstations ("trafohuisjes") (20/0,4 kV of 10/0,4 kV). Per type station is bepaald hoeveel ervan bespaard worden, op basis van het vermogen van een dergelijk station, en de totale vraagvermindering naar transportcapaciteit ten gevolge van het warmtenet.

Naast de elektriciteitsstations levert deze verminderde vraag naar transportcapaciteit ook een besparing op aan elektriciteitskabels. Met Liander is in kaart gebracht hoeveel meter middenspannings- en laagspanningskabel er gemiddeld aangelegd wordt per laagspanningsstation. Op basis hiervan is bepaald hoeveel meter elektriciteitskabel het warmtenet bespaard, om tot een totaal in besparing van investeringen in het elektriciteitsnet te komen. De operationele kosten van het elektriciteitsnet zijn uitsluitend beheer- en onderhoudskosten. Deze zijn op basis van kostenkentalen van Liander geraamd.

Eigenschappen warmtepompen voor kleinverbruikers	
COP warmtepomp	3,6
Investerings incl. buffervat	€ 12.000
Ruimtegebruik warmtepomp + buffervat	0,85 m <sup>2</sup>
Levensduur warmtepomp	15 jaar
Eenmalige kosten voor aansluiten warmtepomp	€ 1.739

Tabel 5: Eigenschappen van de warmtepompen in de MKBA



## 3.1 Kwantitatieve effecten

### Milieukosten

De aanleg en exploitatie van het warmtenet gaat gepaard met milieubelasting. De milieu-impact wordt onderscheiden in twee categorieën.

De eerste categorie betreft de CO<sub>2</sub>-uitstoot die samenhangt met de realisatie van de warmteoplossingen, waaronder installatie, onderhoud en ontmanteling. Op basis van verschillende bronnen, zoals life cycle analyses (LCA's), zijn de milieukosten van de verschillende assets in kaart gebracht in de vorm van CO<sub>2</sub>-equivalenten. Deze CO<sub>2</sub>-uitstoot wordt gewaardeerd aan de hand van de recent vastgestelde CO<sub>2</sub>-prijzen van het CPB (zie de tabel hieronder).<sup>1</sup> In de basis hanteren we het gemiddelde van de vier WLO-scenario's, en in de gevoeligheidsanalyse analyseren we het effect van de hoogste en de laagste CO<sub>2</sub>-prijs, zie paragraaf 4.4.

De andere kant van de medaille is dat er bij de realisatie, installatie, onderhoud en ontmanteling van warmtepompen ook CO<sub>2</sub> uitgestoten wordt. Aangezien het warmtenet een besparing in het aantal warmtepompen realiseert, zorgt dit voor een besparing in CO<sub>2</sub>-uitstoot. Hetzelfde geldt voor de verschillende assets in het elektriciteitsnet. Doordat het net minder hoeft te worden verzaaid in de warmtenettenscenario's, zorgt dit voor een besparing in CO<sub>2</sub>-uitstoot als gevolg van deze netverzwaringen.

WLO-scenario	2025	2040	2050	2060
Hoog / Snel	147	222	293	387
Hoog / Vertraagd	118	178	235	309
Laag / Snel	344	522	688	906
Laag / Vertraagd	128	194	255	336

Tabel 6: Efficiënte CO<sub>2</sub>-prijzen behorend bij WLO2025-scenario's, prijspeil 2026

De tweede categorie betreft de CO<sub>2</sub>-uitstoot als gevolg van het elektriciteits- en gasverbruik tijdens de exploitatie van het warmtenet. Elektriciteit is nodig voor het functioneren van het warmtenet; daarbij wordt aangenomen dat de CO<sub>2</sub>-uitstoot van de elektriciteitsmix in de tijd afneemt naar 0 in 2050. De extra CO<sub>2</sub>-uitstoot van de elektriciteit die door de warmtepompen zou worden gebruikt in het nulalternatief, vormt dan weer een besparing in CO<sub>2</sub>-uitstoot in de warmtenetscenario's.

Voor de piek- en back-upvoorzieningen van de warmtenetten is in het Toekomstbeeld uitgegaan van gasketels. Dit uitgangspunt hebben we overgenomen in de MKBA. In de MKBA gaan we er daarbij vanuit dat het gas dat voor die piek- en backup wordt gebruikt, steeds verder zal verduurzamen, tot het uiteindelijk 100% klimaatneutraal gas is in 2050. Hierdoor neemt ook de CO<sub>2</sub>-uitstoot van het gasgebruik steeds verder af. In de realiteit geldt dat de verduurzaming van de piek- en back-upvoorzieningen ook kan worden gerealiseerd met de inzet van andere duurzame alternatieven.

Zowel de beschikbaarheid als de prijs van klimaatneutraal gas is volgens het PBL erg onzeker. Indien klimaatneutraal gas (ruim) beschikbaar komt is het vervolgens onzeker voor welke doeleinden dit gas zal worden aangewend. De gebouwde omgeving concurreert daarbij met de industrie en de zware transportsector. De uiteindelijke oplossing voor het verduurzamen van de piek- en backup laat zich daardoor moeilijk voorspellen. Uit het onderzoek naar de piek & back-upvoorziening van CE Delft<sup>2</sup> blijkt dat alternatieve duurzame oplossingen voor piek- en back-upvoorzieningen duurder zijn. Tegelijkertijd zal de piek- en back-upvoorziening in een duurzaam eindbeeld een (veel) kleiner aandeel van de warmteproductie uitmaken. Dit heeft weer een verlagend effect op de kosten.

1. Centraal Planbureau & Planbureau voor de Leefomgeving (2025), WLO 2025: update efficiënte CO<sub>2</sub>-prijzen per 2026 – [link](#)

2. CE Delft (2026), Duurzame piek en back-up in warmtenetten.

## 3.1 Kwantitatieve effecten

### Ruimtegebruik

Voor de aanleg van een warmtenet is fysieke ruimte nodig, zowel in pandig (afleversets in woningen of kantoren) als in de openbare ruimte (bronnen, piek- en back-upinstallaties en bovengrondse infrastructuur). Dit ruimtegebruik gaat ten koste van alternatieve toepassingen van de ruimte. Daarom brengen wij niet alleen het benodigde oppervlak in kaart (in m<sup>2</sup>), maar ook het veronderstelde alternatieve grondgebruik. Het ruimtebeslag wordt bepaald op basis van de benodigde ruimte per assetcategorie en vervolgens gewaardeerd aan de hand van de economische (markt)waarde van grond (zie tabellen).

Ook warmtepompen nemen ruimte in. Warmtepompen bestaan doorgaans uit een binnenunit en een buitenunit. Voor de buitenunit gaan wij ervan uit dat deze aan de gevel wordt bevestigd. De waardering van eventueel ruimtegebruik van de buitenunits op balkons of anderszins aan of rond de woning is in de MKBA niet meegenomen.

Het in pandige ruimtegebruik van zowel de afleverset van het warmtenet als de binnenunit van de warmtepomp waarderen wij wel. Dit doen we op basis van de vierkantemeterprijs van woonruimte in Holland Rijnland, met een belangrijke correctie. We zijn niet uitgegaan van de *gemiddelde* marktwaarde per m<sup>2</sup> woonruimte, maar van de *marginale* grondkosten per extra vierkante meter woning. Op basis van twee studies blijkt dat dit voor woningen in Nederland 68% is van de gemiddelde vierkantemeterprijs.<sup>1</sup> Daarmee waarderen we uitsluitend de incrementele grondwaarde die samenhangt met het toevoegen (of verwijderen) van woonruimte. De reden hiervoor is dat de woningwaarde niet recht evenredig is met zijn oppervlak. Het is dus economisch zuiverder om voor vierkante meters die worden opgeofferd de waarde van de 'laatste' vierkante meters te hanteren en niet de gemiddelde waarde van woonruimte. Zo voorkomen we dat het in pandige ruimtebeslag wordt overgewaardeerd.

Bij deze waardering gaan we er dus wel vanuit dat het plaatsen van een warmtepomp of

afleverset in iedere woning mogelijk is. Plaatsing van een afleversets is normaal inderdaad in iedere woning mogelijk, waarbij in pandige aanpassingen wel nodig zijn.. Plaatsing van een warmtepomp kan gegeven het ruimtebeslag echter zeer ingewikkeld zijn. Alternatieven, zoals een collectieve warmtepomp voor gestapelde bouw, zullen dan overwogen moeten worden. Soms is het nodig om flinke aanpassingen te doen om een warmtepomp in de technische ruimte te plaatsen waar de CV-ketel was gepositioneerd. Hier wordt in de MKBA verder geen rekening mee gehouden.

Onderdeel warmtenet	Alternatief grondgebruik
Grondgebruik bronnen	gemiddelde grond, bouwgrond (lokale warmtenetten)
Grondgebruik piek- en backup	bouwgrond
Grondgebruik ondergrondse infra	geen
Grondgebruik bovengrondse infra	bouwgrond
Grondgebruik aansluitleidingen	geen
Grondgebruik afleversets	woonruimte
Grondgebruik warmtepomp woningen	woonruimte
Grondgebruik warmtepomp kleinzakelijk	kantoorruimte
Grondgebruik warmtepomp grootverbruiker	bedrijfsruimte

Tabel 7: type grondgebruik per onderdeel van warmtenet

Type grond	Marktwaarde grond
Gemiddelde marktwaarde grond	€91 / m <sup>2</sup>
Marktwaarde bouwgrond	€657 / m <sup>2</sup>
Marktwaarde bosgrond	€2 / m <sup>2</sup>
Marktwaarde agrarische grond	€10 / m <sup>2</sup>
Marginale marktwaarde woonruimte in Holland Rijnland	€3.561 / m <sup>2</sup>
Marktwaarde kantoorruimte	€1.450 / m <sup>2</sup>
Marktwaarde bedrijfsruimte	€538 / m <sup>2</sup>

Tabel 8: marktwaarde per type grond

1. M. Celant (2023), *The impact of density on residential property values: Evidence from Dutch 'VINEX'-locations*, p. 27 – [link](#)

C. de Bruyn (2024), *Valuating the Dutch Ecosystem amenity service using hedonic house pricing*, tabel A2 – [link](#)

# Uitgelicht: het effect van de warmtevoorziening op het elektriciteitsnet

Verschillende warmteoplossingen vereisen een andere hoeveelheid elektriciteit op verschillende momenten, wat effect heeft op het elektriciteitsnet. De volgende pagina's geven een verdiepende uitleg op deze effecten en hoe ze zijn meegenomen in de MKBA.

## Relatie elektriciteitsnet en verschillende warmteoplossingen

Netbeheerders maken prognoses van de benodigde toekomstige transportcapaciteit van het elektriciteitsnet in een regio. Het gaat hier om de maximale hoeveelheid elektrisch vermogen die het elektriciteitsnet op een veilige en betrouwbare manier kan transporteren binnen de geldende technische en operationele grenzen.

Verschillende ontwikkelingen zorgen ervoor dat dat vraag naar transportcapaciteit groeit, zoals de warmtetransitie in de bestaande bouw, de bouw van nieuwe woningen, de elektrificatie van mobiliteit en industrie en algemene economische groei. De beschikbare transportcapaciteit is afhankelijk van de bestaande elektriciteitsinfrastructuur en neemt toe wanneer de netbeheerders het net verzwaren of uitbreiden. Die netverzwaring of uitbreiding kent momenteel veel bottlenecks, zoals een tekort aan personeel, lange bezwaar- en beroepsprocedures, beperkingen rond stikstof en uitdagingen omtrent ruimtelijke inpassing. In veel gebieden laten prognoses zien dat de (toekomstige) vraag naar transportcapaciteit groter is dan dat er beschikbaar is. Ook in Holland Rijnland is vanaf 2023 netcongestie afgeroepen voor delen van het regionale net en sinds eind 2024 voor het hoogspanningsnet. Sindsdien zijn er wachtlijsten voor een nieuwe of zwaardere aansluiting.

De keuze van de warmteoplossing maakt een wezenlijk verschil op de vraag naar transportcapaciteit van het elektriciteitsnet. Alle alternatieven voor een CV-ketel vereisen transportcapaciteit, maar de mate waarin verschilt. Wanneer woningen worden verwarmd via een warmtenet is de gevraagde netcapaciteit kleiner dan het geval is wanneer de woningen worden verwarmd met individuele elektrische warmtepompen. Een warmtenet kan daarmee op structurele wijze bijdragen aan het afremmen van de toenemende belasting van het elektriciteitsnet. Dit effect is echter sterk afhankelijk van de toegepaste warmtebronnen van het warmtenet.

Voor de 3 warmteoplossingen die in dit onderzoek worden beschouwd, geldt het volgende:

- **All-electric individuele warmtepompen:** Bij deze oplossing wordt de volledige warmtevraag van woningen gedekt met individuele elektrische warmtepompen, in combinatie met een buffervat voor tijdelijke warmteopslag. Het buffervat maakt het mogelijk om warmte op te slaan en de warmtepomp meer gespreid in de tijd te laten draaien, wat kan bijdragen aan het beperken van korte pieken in het elektriciteitsverbruik. Desondanks nemen zowel het jaarlijkse elektriciteitsverbruik als het piekvermogen in de wijk toe, met name op koude winterdagen, wat leidt tot een aanzienlijke extra piekbelasting van het elektriciteitsnet.
- **Regionaal warmtenet o.b.v. geothermie en restwarmte:** Geothermie en industriële restwarmte zijn warmtebronnen met een hoge basistemperatuur. Elektriciteit is nodig voor het opwaarderen van de warmte (indien nodig) en (in beperkte mate) voor het aandrijven van pompsystemen in het warmtenet. Omdat de basislast van de warmtevoorziening niet elektrisch is, blijft de extra elektriciteitsvraag beperkt door de beperkte opwaardering, en doordat het warmtenet ook buffers bevat, kan de vermogensvraag verder worden uitgespreid, waardoor er een minder grote piekbelasting van het elektriciteitsnet optreedt.
- **Lokale warmtenetten o.b.v. WKO's, aquathermie en collectieve warmtepompen:** Bij deze oplossing wordt warmte onttrokken aan bronnen met een lage temperatuur (ca. 5–25 °C), zoals aquathermie (uit oppervlaktewater en RWZI's) en, in zeer beperkte mate, ondiepe geothermie, in combinatie met warmte- en koudeopslag (WKO) waar mogelijk. Om deze warmte geschikt te maken voor ruimteverwarming (levering rond 70 °C) is aanzienlijke elektrische opwaardering met collectieve warmtepompen nodig. Door deze noodzakelijke opwaardering ligt de elektriciteitsvraag hoger dan bij een regionaal warmtenet dat gevoed wordt met midden- of hogetemperatuurbronnen. De belasting van het elektriciteitsnet blijft echter lager dan in een all-electric warmtepompenscenario, doordat de piekvraag van de lokale warmtenetten lager is dan bij de individuele warmtepompen.

# Uitgelicht: het effect van de warmtevoorziening op het elektriciteitsnet

## Waardering effecten van warmteoplossingen op het elektriciteitsnet

De baten van een lagere netbelasting worden in deze MKBA op twee manieren gewaardeerd:

**1. Besparing maatschappelijke kosten netcongestie door minder en kortere periodes van netcongestie:** Een structureel lagere groei van de belasting van het elektriciteitsnet leidt ertoe dat er minder netcongestie optreedt en van kortere duur is. De 'besparing' op de vraag naar transportcapaciteit, door de realisatie van een warmtenet, zorgt voor het vrijkomen van capaciteit voor bedrijvigheid, die anders op een wachtlijst zouden staan. Wanneer bedrijven wél een (vergroting van hun) netaansluiting krijgen, kunnen zij zich vestigen of hun activiteiten uitbreiden en zo (extra) economische waarde leveren voor de Nederlandse maatschappij. Dit resulteert in de volgende baten: de beperking van de maatschappelijke kosten van netcongestie door het warmtenet.

De waardering van deze baten is gebaseerd op de gemiddelde netto maatschappelijke kosten van netcongestie voor bedrijvigheid, zoals vastgesteld in het onderzoek van Ecorys.<sup>1</sup> Dit onderzoek kwantificeert de maatschappelijke schade (in euro's) van één MWh niet-geleverde elektriciteit als gevolg van netcongestie. De waarderingsgrondslag hiervoor is de gemiste toegevoegde waarde die deze bedrijven hadden kunnen leveren met een (grotere) elektriciteitsaansluiting. Het onderzoek van Ecorys bepaald de 'netto' maatschappelijke kostprijs van netcongestie, waarbij rekening is gehouden met mitigerende maatregelen van bedrijven, zoals het inzetten van batterijen en zonnepanelen, die de maatschappelijke schade verminderen.

De maatschappelijke schade van een niet-geleverde MWh elektriciteit is sterk contextafhankelijk en Ecorys laat zien dat dit sterk varieert tussen sectoren en typen bedrijven. Bedrijven met die relatief weinig elektriciteit gebruiken, zoals zakelijke dienstverlening en kantoren, hebben doorgaans een relatief hoge economische toegevoegde waarde per eenheid elektriciteit. Tegelijkertijd gebruiken ze doorgaans minder elektriciteit 'de klok rond', omdat hun gebruik geconcentreerd is in kantooruren. Ten opzichte van de grootte van hun netaansluiting gebruiken deze bedrijven dus relatief weinig

elektriciteit, waardoor ze ook minder elektriciteit niet geleverd krijgen als ze op de wachtrij komen te staan. Aan de andere kant gebruiken energie-intensieve sectoren, zoals industrie, havengerelateerde bedrijvigheid en datacenters, grote hoeveelheden elektriciteit om hun productieproces in stand te houden. De economische waarde per MWh ligt daar lager. Echter, deze bedrijven zijn vaak 24 uur per dag operationeel en draaien dicht tegen de maximale capaciteit van hun netaansluiting.

Voor de MKBA gaan we er vanuit dat de verdeling van bedrijven over sectoren gemiddeld is. Om die reden gebruiken we de "gemiddelde waarde" per niet-geleverde MWh uit het Ecorys-onderzoek. Berekningen van de hoeveelheid niet geleverde elektriciteit (in MWh) zijn gemaakt op basis van de capaciteitsfactor (hoeveel procent van de tijd gebruikt een bedrijf zijn volledige netaansluiting) van grootzakelijke klanten in verschillende sectoren, op het Liander-net. Voor beide getallen geldt dat dit inschattingen zijn van de werkelijkheid en dat hier relatief veel onzekerheid in zit.

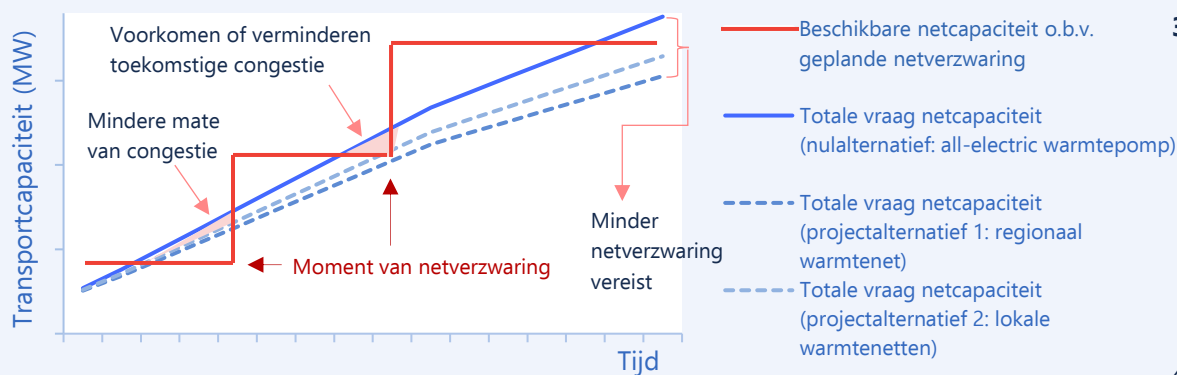
Belangrijk te benoemen is dat in de MKBA geen rekening wordt gehouden met netcongestie na 2045, in die zin dat de (besparing van) maatschappelijke schade daarvan niet wordt gekwantificeerd (in euro's). Het eventuele ontstaan van deze netcongestie ligt relatief ver in de toekomst en gaat gepaard met grote onzekerheden. Er wordt verondersteld dat op de lange termijn het net tijdig wordt verzaamd om deze netcongestie op de lange termijn te voorkomen; de hiervoor vereiste investeringskosten zijn wel opgenomen in de MKBA. Ook deze veronderstelling is omgeven met onzekerheden en kan in de praktijk afwijken.

**2. Besparing op netverzwaring:** Warmtenetten leiden tot een structureel lagere belasting van het elektriciteitsnet dan individuele warmtepompen. Hierdoor is (in theorie) minder netverzwaring nodig. Het kan zijn dat netverzwaring alsnog plaatsvindt, bijvoorbeeld als gevolg van de elektrificatie van mobiliteit, maar de MKBA waardeert de vermeden benodigde transportcapaciteit als een baat in de vorm van lagere investerings- en onderhoudskosten voor de uitbreiding van de elektriciteitsinfrastructuur. De omvang van de vermeden netverzwaring is bepaald op basis van informatie van Liander.

1. Ecorys (2025), De netto maatschappelijke kostprijs van netcongestie – [link](#)

## Uitgelicht: het effect van de warmtevoorziening op het elektriciteitsnet

Het onderstaande figuur geeft visueel weer hoe de 2 bovenstaande effecten in kaart zijn gebracht in de MKBA. Het figuur is indicatief, en is dus niet opgesteld op basis van bestaande data.



### Berekeningen

Om de effecten van de twee perspectieven te berekenen zijn de volgende stappen gezet:

1. De **beschikbare transportcapaciteit** op de drie Liander-verdeelstations in Holland Rijnland (koppelpunten met het Tennet-net) is in kaart gebracht, op basis van de huidige capaciteit en de verwachte toekomstige capaciteit na netuitbreiding (vastgelegd in investeringsplannen en netvisie van TenneT en Liander <sup>1</sup>). Er wordt uitgegaan van de volledige maakbaarheid van de investeringsplannen.
2. De **gevraagde transportcapaciteit** is voor het nulalternatief en de projectalternatieven voor de drie verdeelstations in kaart gebracht. De autonome groei van de vraag naar transportcapaciteit die in Lianders prognoses wordt gehanteerd, is gecorrigeerd voor de verwachte behoefte aan transportcapaciteit voor elk van de verschillende

warmteoplossingen in de scenario's: individuele warmtepompen, een regionaal warmtenet of lokale warmtenetten. Warmtenetten vragen ook om transportcapaciteit, daarmee is in deze berekeningen rekening gehouden. Op basis van deze stappen ontstaan per verdeelstation drie grafieken: één voor de gevraagde transportcapaciteit in elk van de scenario's.

3. Het **verschil in de mate van netcongestie** van de twee projectalternatieven t.o.v. het nulalternatief is bepaald. Door de beschikbare netcapaciteit te vergelijken met de gevraagde netcapaciteit is voor het nulalternatief en de twee projectalternatieven, per verdeelstation inzichtelijk gemaakt of, in welke mate netcongestie optreedt. Deze analyse is per verdeelstation gedaan, omdat de mate van congestie lokaal kan verschillen. Vervolgens is per verdeelstation inzichtelijk gemaakt hoeveel congestie wordt bespaard in de projectalternatieven ten opzichte van het nulalternatief. Deze effecten zijn geaggregeerd voor alle stations samen, wat resulteert in een totale besparing aan netcongestie.
4. De **besparing van de maatschappelijk kosten van netcongestie** is berekend. De berekende besparing van netcongestie is gemonetariseerd aan de hand van de Ecorys-studie naar de netto maatschappelijke kosten van netcongestie (zie vorige slide).
5. De structurele **besparing van elektriciteitsinfrastructuur** die nodig is in de projectalternatieven t.o.v. het nulalternatief is berekend. Samen met Liander is per verdeelstation in kaart gebracht hoeveel netcapaciteit wordt bespaard en hieraan gekoppeld welk type en het aantal stations (HS/MS, TS/MS, MS en MS/LS) kan worden uitgespaard (oftewel in theorie niet hoeft te worden gebouwd), evenals de bespaarde kilometers kabelcircuit op LS- en MS-niveau.
6. De **bespaarde investeringskosten in elektriciteitsinfrastructuur** per projectalternatief zijn berekend, alsook de besparing in beheer en onderhoud van die infrastructuur en het vereiste ruimtegebruik en milieu-impact aan de hand van kentallen van Liander en Netbeheerder Nederland.

1. Investeringsplannen Liander – [link](#). De Netvisie is een doorkijk voor het investeringsplan (nog niet definitief).

## 3.2 Kwalitatieve effecten

Niet alle maatschappelijke kosten en baten laten zich monetariseren. Dat betekent echter niet dat zij minder relevant zijn. In deze paragraaf beschrijven we de belangrijkste positieve en negatieve effecten van een regionaal of lokaal warmtenet in vergelijking met individuele warmtepompen. De onderstaande tabel geeft een overzicht en indicatie van deze effecten ten opzicht van het nulalternatief (van donkergroen als zeer positief tot donkerrood als zeer negatief). Deze effecten worden vervolgens nader toegelicht.

Kwalitatieve effecten	Baten (+) en kosten (-) t.o.v. nulalternatief	
	Regionaal warmtenet	Lokale warmtenetten
Robuuster energiesysteem met meerdere energiedragers (elektriciteit én warmtenet)	++	+
Besparing regelbaar vermogen elektriciteitsnet	++	+
Planbaarheid van de energietransitie door centrale en gefaseerde uitvoering	+	+
Ontzorging individuele huiseigenaren bij warmtenet (investerings en beheer en onderhoud grotendeels collectief)	++	++
Tijdelijke overlast bij realisatie, maar geen blijvende (geluids)overlast zoals bij warmtepompen	+	+
Afhankelijkheid van gemeenten en warmtebedrijf (o.a. geen leverancierskeuze)	--	--
Complexiteit van regionale afstemming en governance in realisatiefase	--	-
Beperkte mogelijkheden tot koelen	-	-

Tabel 9: Overzicht kwalitatieve effecten

### Positieve effecten

➤ **Robuuster energiesysteem:** De aanleg van warmtenetten draagt bij aan het verbreden van het energiesysteem voor de warmtevoorziening, van één dominante energiedrager (elektriciteit) naar meerdere energiedragers (elektriciteit én warmtenetten via warm water). Hierdoor wordt het mogelijk om verschillende energiebronnen te benutten en diverse vormen van energieomzetting en opslag toe te passen, wat zorgt voor meer flexibiliteit en efficiëntie in het energiesysteem. Zoals aangegeven in de afbakening van dit onderzoek gaan niet alle wijken in de regio over op een warmtenet; warmtenetten worden ingezet in combinatie met all-electric oplossingen. Zo ontstaat een gedifferentieerde mix van warmteoplossingen, afgestemd op de kenmerken van de wijken en beschikbare energiebronnen.

Doordat een deel van de warmtevraag wordt ingevuld met lokale en regionale warmtebronnen in plaats van uitsluitend met elektriciteit, neemt de afhankelijkheid van (internationale) energiemarkten af, wat de gevoeligheid voor volatiele energieprijzen verkleint. Deze combinatie van warmteoplossingen, het benutten van lokale bronnen en de mogelijkheid om energie op te slaan en flexibel in te zetten, draagt bij aan een stabielere en beter voorspelbare energievoorziening en kostenontwikkeling op de lange termijn.

➤ **Besparing regelbaar vermogen elektriciteitsnet:** Daarnaast leidt de lagere piekbelasting van het elektriciteitsnet bij warmtenetten, ten opzichte van individuele warmtepompen, ook tot een lagere behoefte aan regelbaar vermogen in het elektriciteitssysteem (zoals gasgestookte piekcentrales, noodvermogen of grootschalige batterijopslag). Deze baten, die voortkomen uit de lagere vraag naar regelbaar vermogen, zijn vanwege hun systeembrede karakter, de grote onzekerheden en het ontbreken van robuuste kengetallen voor eenduidige monetarisering, niet meegenomen in de MKBA-berekeningen, terwijl zij wel een aanzienlijke kostenpost kunnen vertegenwoordigen.

## 3.2 Kwalitatieve effecten

Dit leidt tot een zekere methodologische asymmetrie in de kostenvergelijking tussen de projectalternatieven en het nulalternatief. Voor het warmtenet zijn de volledige ketenkosten expliciet gemodelleerd, inclusief investeringen in piek- en back-upcentrales en de veronderstelde verduurzaming daarvan in de tijd (van grijs naar groen gas). In het all-electric scenario wordt daarentegen uitgegaan van de marktprijs van (groene) elektriciteit en kosten voor netverzwaren, terwijl aanvullende investeringen in regelbaar vermogen niet expliciet zijn meegenomen.

➤ **Planbaarheid van de energietransitie:** Een warmtenet is een collectieve oplossing die op wijk- of regionaal niveau wordt gerealiseerd, terwijl een all-electric warmtepomp een individuele oplossing is die per woning wordt geïnstalleerd. Doordat de aanleg van een warmtenet centraal gepland en gefaseerd kan worden uitgevoerd, is de planbaarheid groter. Hierdoor kunnen investeringen beter worden afgestemd met de netbeheerder en kunnen schaalvoordelen optimaal worden benut.

In tegenstelling tot een individuele warmtepomp hoeft een woning daarnaast voorafgaand aan aansluiting op een warmtenet niet eerst te worden geïsoleerd tot energielabel B. In de MKBA wordt wel verondersteld dat deze isolatie plaatsvindt, maar isolatie is geen harde voorwaarde aan de voorkant. Hierdoor is de overstap voor bewoners flexibeler: inpandige isolatiemaatregelen kunnen ook op een later, zogenoemd natuurlijk moment plaatsvinden, bijvoorbeeld bij een verbouwing. Dit vermindert de overlast voor bewoners.

➤ **Ontzorging individuele huiseigenaren bij warmtenet:** Bij warmtenetten liggen investeringen en het technisch beheer grotendeels collectief, bij het warmtebedrijf en/of de gemeente. Bewoners ervaren dit als ontzorgend, omdat zij geen grote individuele vervangingsinvesteringen hoeven te doen en niet zelf verantwoordelijk zijn voor beheer en onderhoud. Dit ontzorgende karakter wordt door bewoners positief gewaardeerd, mits de kosten eerlijk worden verdeeld en transparant zijn. Dit staat in contrast met individuele

oplossingen zoals warmtepompen. Deze vragen om hoge initiële investeringen in isolatie en installatie, en brengen een langdurige verantwoordelijkheid voor beheer, onderhoud en vervanging met zich mee (met een levensduur van circa 15 jaar, waarvoor huiseigenaren zelf financieel moeten reserveren).

Daarnaast zijn de totale kosten en terugverdientijd onzeker, wat door bewoners als risicovol en belastend kan worden ervaren. In deze situatie ervaren burgers dat veel verantwoordelijkheid bij henzelf wordt neergelegd.

Onderzoek van PBL laat zien dat burgers juist verwachten dat de overheid regie neemt, hen ontzorgt en zorgt voor een collectieve en rechtvaardige verdeling van kosten. Vanuit dit perspectief contrasteert het warmtenet positief met individuele warmtepompen, doordat risico's en verantwoordelijkheden meer collectief worden georganiseerd.<sup>1</sup>

➤ **Wel tijdelijke overlast in de realisatiefase maar geen blijvende overlast:** Zowel warmtenetten als individuele warmtepompen veroorzaken overlast tijdens de realisatiefase. Bij de aanleg van een warmtenet ontstaat tijdelijke hinder in de openbare ruimte doordat straten worden opengebrouwen voor de aanleg van leidingen. Dit kan leiden tot verkeershinder, geluidsoverlast en stof. De werkzaamheden kunnen per wijk meerdere maanden duren en kennen vaak een gefaseerd karakter, waardoor bewoners gedurende een langere periode met werkzaamheden in hun directe leefomgeving te maken kunnen hebben. Daarnaast vindt ook in de woning zelf een ingreep plaats, bijvoorbeeld voor het aansluiten van de afleverset.

Bij het all-electric alternatief met individuele warmtepompen is eveneens sprake van overlast. In de woning zijn aanpassingen nodig, zoals de installatie van een binnen- en buitenunit, mogelijke aanpassing van het afgiftesysteem en soms verzwaren van de elektriciteitsaansluiting. Ook netverzwaren — die in grotere mate optreedt bij het individuele warmtepompalternatief — kan leiden tot tijdelijke werkzaamheden in de openbare ruimte.

1. PBL (2024), 'Aardagsvrij: Een goed idee, maar... Hoe legitiem vinden burgers beleidskeuzes in de warmtetransitie?' – [link](#)

## 3.2 Kwalitatieve effecten

Een onderscheidend punt is dat individuele warmtepompen naast tijdelijke ook blijvende overlast kunnen veroorzaken. De buitenunit van een warmtepomp produceert geluid, wat structureel hoorbaar kan zijn voor bewoners en omwonenden. Bij warmtenetten is dergelijke blijvende geluidsoverlast op woningniveau niet aan de orde. Eventuele kosten voor geluidswerende omkastingen of andere mitigerende maatregelen zijn niet meegenomen in deze MKBA.

### Negatieve effecten

➤ **Afhankelijkheid van gemeenten en warmtebedrijf:** Bij een warmtenet zijn bewoners in sterke mate afhankelijk van collectieve besluiten van de gemeente en het warmtebedrijf, zoals de timing en planning van de uitvoering, de keuze voor de warmtetechniek, het eigendom van de infrastructuur en de tariefstructuur. Bewoners hebben na het besluit om aan te sluiten op het warmtenet geen leverancierskeuze en zijn daardoor gevoelig voor onzekerheid over warmteprijsen en toekomstige kosten.

Uit onderzoek van het PBL, op basis van focusgroepen met bewoners, blijkt dat zowel warmtenetten als warmtepompen aanvaardbare oplossingen zijn. Echter zijn inwoners wel sceptisch over de uitwerking. Dit heeft onder andere te maken met het lage vertrouwen in de overheid als het gaat om maatregelen met betrekking tot het klimaat. Warmtenetten vragen een grote rol van de overheid, waarbij consistent en transparant beleid belangrijke factoren zijn bij het krijgen van vertrouwen in de oplossing. Warmtenetten kunnen door bewoners als problematisch worden ervaren wanneer ze niet goed zijn uitgevoerd door de overheid en wanneer een eerlijke verdeling van lasten en een gedegen participatietraject ontbreken.<sup>1</sup>

➤ **Complexiteit van regionale afstemming en governance:** Bij een regionaal warmtenet neemt de bestuurlijke en organisatorische complexiteit toe, omdat realisatie afhankelijk is van intensieve samenwerking en afstemming tussen meerdere gemeenten en andere

betrokken partijen. Er moet worden afgestemd over de volgorde waarin wijken worden aangesloten, de timing van de ontwikkeling en ingebruikname van warmtebronnen en de aanleg van bijbehorende transportleidingen. Vertraging of wijziging in één onderdeel (bijvoorbeeld een warmtebron of een hoofdtransportleiding) kan directe gevolgen hebben voor andere gemeenten of wijken in de regio.

Daarnaast vraagt een regionaal warmtenet om fundamentele keuzes in de governance, zoals de vraag wie deelnemen in een (al dan niet) regionaal publiek warmtebedrijf. Ook de keuze voor een kavelstrategie, bijvoorbeeld één regionale kavel of meerdere (deel)kavels, heeft invloed op de mate van samenhang, risicoverdeling, investeringsbereidheid en de complexiteit van besluitvorming. Deze onderlinge afhankelijkheden maken de planvorming en uitvoering complex en vergroten het risico op vertragingen en bestuurlijke fricties, wat kan leiden tot onzekerheid bij gemeenten en bewoners over planning, kosten en het uiteindelijke aansluitperspectief.

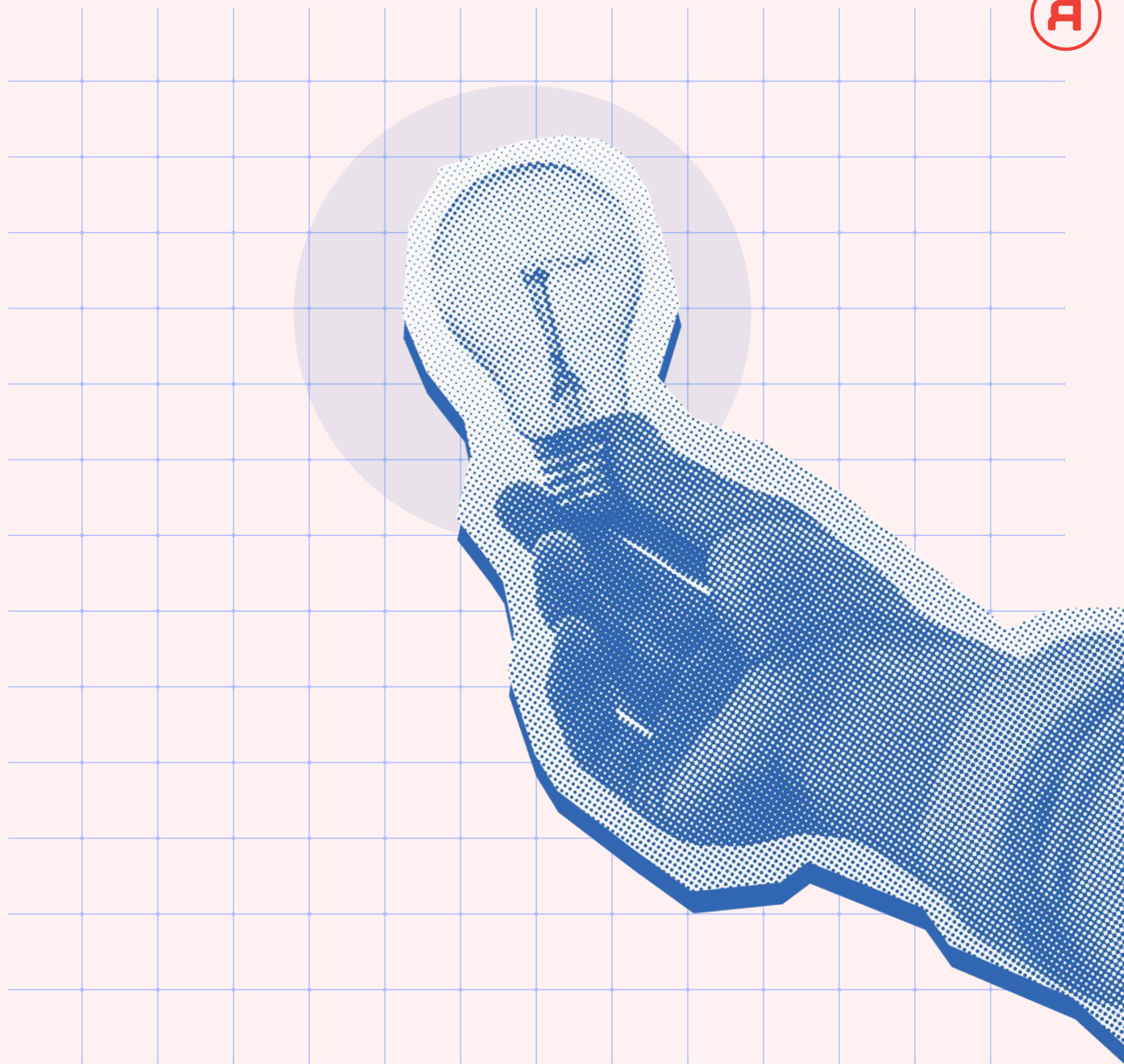
Bij lokale warmtenetten speelt deze problematiek doorgaans ook, maar in mindere mate. Door de kleinere schaal en betere voorspelbaarheid van de warmtevraag zijn bron en afzet vaak nauwer op elkaar afgestemd. Daarnaast zijn minder bestuurlijke partijen betrokken, wat de besluitvorming vereenvoudigt. Dit maakt lokale warmtenetten in veel gevallen eenvoudiger te organiseren en potentieel sneller realiseerbaar.

➤ **Beperkte mogelijkheden voor koeling:** Een kwalitatief nadeel van warmtenetten ten opzichte van individuele warmtepompen betreft de mogelijkheid tot koeling. Niet alle warmtepompen kunnen (effectief) koelen, maar veel moderne lucht-water- en bodemwarmtepompen bieden, mits technisch goed ingeregeld en in combinatie met een geschikt afgiftesysteem zoals vloerverwarming, de mogelijkheid tot (actieve of passieve) koeling. Bij aansluiting op een warmtenet vraagt individuele koeling om aparte installaties (airco's)

1. PBL (2024), 'Aardagsvrij: Een goed idee, maar... Hoe legitiem vinden burgers beleidskeuzes in de warmtetransitie?' – [link](#)

HOOFDSTUK 4

# Resultaten



## 4.1 Overkoepelende resultaten

### Totale resultaten

In de MKBA zijn voor de twee projectalternatieven kosten en baten ten opzichte van het nulalternatief over een periode van 50 jaar berekend en netto contant gemaakt naar het prijsniveau van 2026. De naastgelegen tabellen geven een overzicht van de maatschappelijke kosten- en baten van het regionaal warmtenet en lokale warmtenetten ten opzichte van het nulalternatief, waarin er verwarmd wordt met individuele warmtepompen. In de raming van investeringen is rekening gehouden met onzekerheidsopslagen.

De resultaten zijn weergegeven in de tabellen rechts. Het baten-kostensaldo weerspiegelt het netto maatschappelijke effect en wordt berekend als het verschil tussen de totale netto contante baten en de totale netto contante kosten. Een positief saldo betekent dat de maatschappelijke baten groter zijn dan de kosten. De baten-kostenratio geeft aan hoeveel euro aan maatschappelijke baten wordt gerealiseerd per euro aan kosten; een ratio groter dan 1 duidt op maatschappelijke doelmatigheid.

Het regionale warmtenet resulteert ten opzichte van individuele warmtepompen in een (zeer licht) positief baten-kostensaldo heeft van € 125,9 miljoen en een baten-kostenratio van 1,02. Lokale warmtenetten kennen daarentegen een licht negatieve uitkomst ten opzichte van het nulalternatief, met een saldo van -€ 151,9 miljoen en een ratio van 0,96.

De marges in de uitkomsten zijn erg beperkt, zowel voor het regionale warmtenet als voor de lokale warmtenetten. De mate waarin netcongestie optreedt speelt hierbij een belangrijke rol. In de analyse is uitgegaan van de aanname dat de investeringsplannen van TenneT en Liander volledig en tijdig realiseerbaar zijn. Echter, in een alternatief scenario, waarin de realisatie van netverzwaringen ter voorkoming van een tweede golf van netcongestie met twee jaar wordt vertraagd ten opzichte van deze plannen, neemt het baten-kostensaldo aanzienlijk toe. Het regionale warmtenet resulteert dan in een saldo van bijna € 1,7 miljard, met een bijbehorende baten-kostenratio van 1,27.

Op de volgende pagina's worden de resultaten per thema nader uitgewerkt, worden de onderliggende aannames toegelicht en wordt verdere duiding gegeven aan de uitkomsten.

Kosten	Regionaal warmtenet	Lokale warmtenetten
Investeringen warmtenet	3.822,0	3.750,9
Operationele kosten warmtenet	2.406,0	2.852,8
<b>Kosten t.o.v. nulalternatief</b>	<b>6.228,0</b>	<b>6.603,7</b>

Baten	Regionaal warmtenet	Lokale warmtenetten
Besparing maatschappelijke kosten netcongestie	1.408,2	1.392,0
Besparing investeringen warmtepomp en netinfra	3.723,3	3.716,1
Besparing operationele kosten warmtepompen en netinfra	1.247,5	1.242,2
CO2-uitstoot levenscyclus infrastructuur	- 126,4	- 57,7
CO2-uitstoot operationeel	- 181,3	- 231,6
Grondgebruik	282,6	267,1
<b>Baten t.o.v. nulalternatief</b>	<b>6.353,9</b>	<b>6.328,1</b>

<b>Baten-kostensaldo</b>	<b>125,9</b>	<b>- 275,5</b>
<b>Baten-kostenratio</b>	<b>1,02</b>	<b>0,96</b>

Resultaten bij twee jaar vertraging in netverzwaring	Regionaal warmtenet	Lokale warmtenetten
<b>Baten-kostensaldo</b>	<b>1.683,6</b>	<b>1.134,3</b>
<b>Baten-kostenratio</b>	<b>1,27</b>	<b>1,17</b>

Tabel 10: resultaten in mln EUR, prijspeil 2026, netto contante waarde

## Uitgelicht: absolute uitkomsten

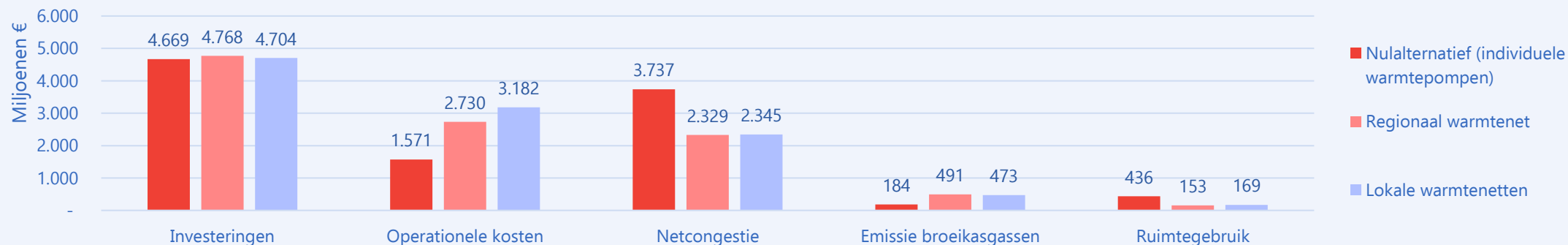
De MKBA is een verschillenanalyse waarin de kosten en baten van projectalternatieven worden berekend ten opzichte van het nulalternatief. Voor een goede interpretatie van deze verschillen is het nuttig om ook de absolute kosten inzichtelijk te maken.

- **Investeringskosten:** De investeringen in de drie scenario's liggen erg dicht bij elkaar. Een warmtevoorziening op basis van een regionaal warmtenet kent de hoogste totale investeringskosten, voornamelijk als gevolg van de aanzienlijke investeringen in ondergrondse infrastructuur (aanleg van warmteleidingen). Individuele warmtepompen kennen de laagste investeringskosten, dit is inclusief de extra investeringen in de benodigde elektriciteitsinfrastructuur. De kosten voor de hiervoor benodigde elektriciteitsnetinfrastructuur van de lokale netbeheerder zijn in de analyse meegenomen.
- **Operationele kosten:** deze zijn het laagst voor individuele warmtepompen en aanzienlijk hoger in de warmtenetscenario's. Dit komt hoofdzakelijk door de relatief hoge beheer- en onderhoudskosten van de warmteinfrastructuur. De operationele kosten zijn het hoogst bij de lokale warmtenetten, voornamelijk doordat deze oplossing gepaard gaat met veel elektriciteitsverbruik voor opwaardering van de warmte.
- **Netcongestie:** in het nulalternatief treedt meer netcongestie op, zodat de maatschappelijke kosten van netcongestie hoger is ten opzichte van de

warmtenetscenario's. De mate waarin de warmtenetten de netcongestie verminderen is vergelijkbaar in de twee warmtenetalternatieven, en de maatschappelijke kosten van netcongestie daarmee ook.

- **Emissie broeikasgassen:** Hierin zit zowel de uitstoot van de realisatie (bouw) van de verschillende assets, als de operationele uitstoot van broeikasgassen. In de analyse wordt aangenomen dat de CO<sub>2</sub>-intensiteit van de elektriciteitsmix en gas (voor de voor piek- en back-upvoorzieningen bij de projectalternatieven). Voor warmtenetten geldt dat er van (duurzaam) gas wordt uitgegaan van de piek- en back-upvoorzieningen. Zoals eerder gezegd wordt er hier vanuit gegaan dat het aandeel groen gas steeds verder toeneemt, tot het uiteindelijk 100% bedraagt in 2050. Desondanks zorgen de individuele warmtepompen in deze analyse voor een lagere uitstoot dan de warmtenetoplossingen.
- **Ruimtegebruik:** Individuele warmtepompen vragen meer ruimte in de woning dan een afleveret bij een warmtenet. Deze ruimte kent een hoge waarde en dat zorgt ervoor dat de individuele warmtepompen slechter scoren op ruimtegebruik dan de warmtenetscenario's. Het alternatief met lokale warmtenetten heeft licht hogere kosten in vergelijking met het regionale warmtenet, omdat de benodigde ruimte voor de bronnen en de piek en backupvoorziening bij de lokale warmtenetten op grond met een hogere waarde bevindt (bouwgrond in de wijk in plaats van grond buiten de stad).

Absolute uitkomsten MKBA



## 4.2 Resultaten: kosten in de MKBA

### Investerings in het warmtenet

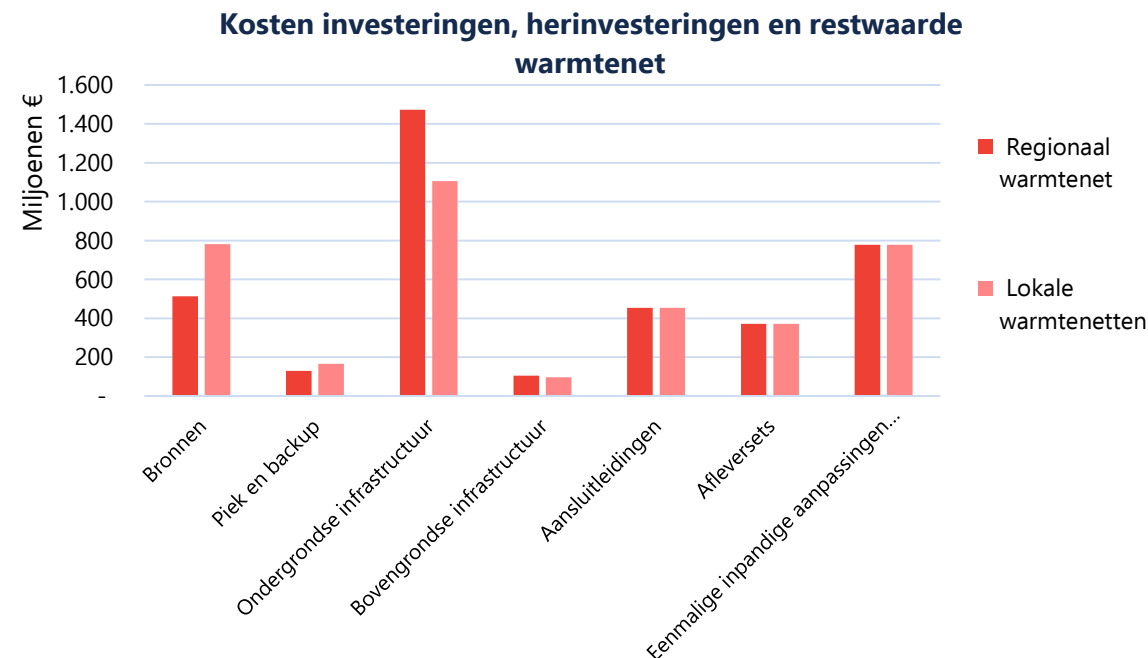
De resultaten laten zien dat de totale investeringskosten voor het regionale warmtenet hoger liggen dan voor de lokale warmtenetten in Holland Rijnland. De onderstaande tabel geeft per systeemonderdeel de totale investeringskosten weer over een periode van 50 jaar, inclusief herinvesteringen en de restwaarde aan het einde van de zichtperiode van de MKBA.

De vereiste investeringen in warmtebronnen zijn lager bij het regionale warmtenet dan bij de lokale warmtenetten. Lokale warmtenetten maken gebruik van meerdere, relatief kleinschalige bronnen, wat leidt tot hogere initiële investeringskosten doordat meerdere installaties, aansluitingen en bijbehorende distributiesystemen moeten worden gerealiseerd. Daarnaast zijn bij lokale warmtenetten meer piek- en back-upinstallaties vereist. Het regionale warmtenet maakt hoofdzakelijk gebruik van geothermie als bron. Deze bron heeft een lange technische levensduur, waardoor over de zichtperiode minder frequent herinvesteringen nodig zijn. Dit werkt gunstig door in de totale levenscycluskosten.

Kosten investeringen, herinvesteringen en restwaarde	Regionaal warmtenet	Lokale warmtenetten
Bronnen warmtenet	512,6	781,8
Piek en backup warmtenet	129,6	164,8
Ondergrondse infrastructuur warmtenet	1.472,9	1.106,2
Bovengrondse infrastructuur warmtenet	104,7	95,9
Aansluitleidingen warmtenet	453,9	453,9
Afleversets warmtenet	370,5	370,5
Eenmalige inpanidige aanpassingen voor warmtenet	777,9	777,9
<b>Totaal investeringen warmtenet</b>	<b>3.822,0</b>	<b>3.750,9</b>

Tabel 11: resultaten in mln EUR, prijspeil 2026, netto contante waarde

De investeringen in infrastructuur, zowel ondergronds als bovengronds, zijn daarentegen juist hoger bij het regionale warmtenet dan bij de lokale warmtenetten. Dit komt doordat het regionale warmtenet is opgebouwd uit een regionaal warmtesysteem dat via transportleidingen met elkaar is verbonden. Dit gaat gepaard met aanzienlijke investeringen in regionale transportleidingen tussen de verschillende clusters. Lokale warmtenetten vereisen uitsluitend investeringen in lokale warmteleidingen en bijbehorende infrastructuur en kennen geen regionale transportleidingen, waardoor de infrastructurele kosten lager zijn. De investeringen op het laagste systeemniveau (het transport van warmte naar de woningen via aansluitleidingen, de afleversets in de woningen en de eenmalige inpanidige aanpassingen) zijn voor het regionale warmtenet en de lokale warmtenetten gelijk.



## 4.2 Resultaten: kosten in de MKBA

### Operationele kosten

De operationele kosten bestaan uit twee hoofdposten: de beheer- en onderhoudskosten (B&O) van de warmtebronnen en het warmtenet, en de overige operationele kosten die nodig zijn om het systeem te laten functioneren, zoals overhead en de inkoop van energie.

De B&O-kosten zijn met name hoog voor de warmtebronnen, omdat deze relatief onderhoudsintensiever zijn dan de (ondergrondse) infrastructuur. Voor het regionale warmtenet geldt bovendien dat geothermie de belangrijkste bron is, waarvoor hogere B&O-percentages worden gehanteerd.

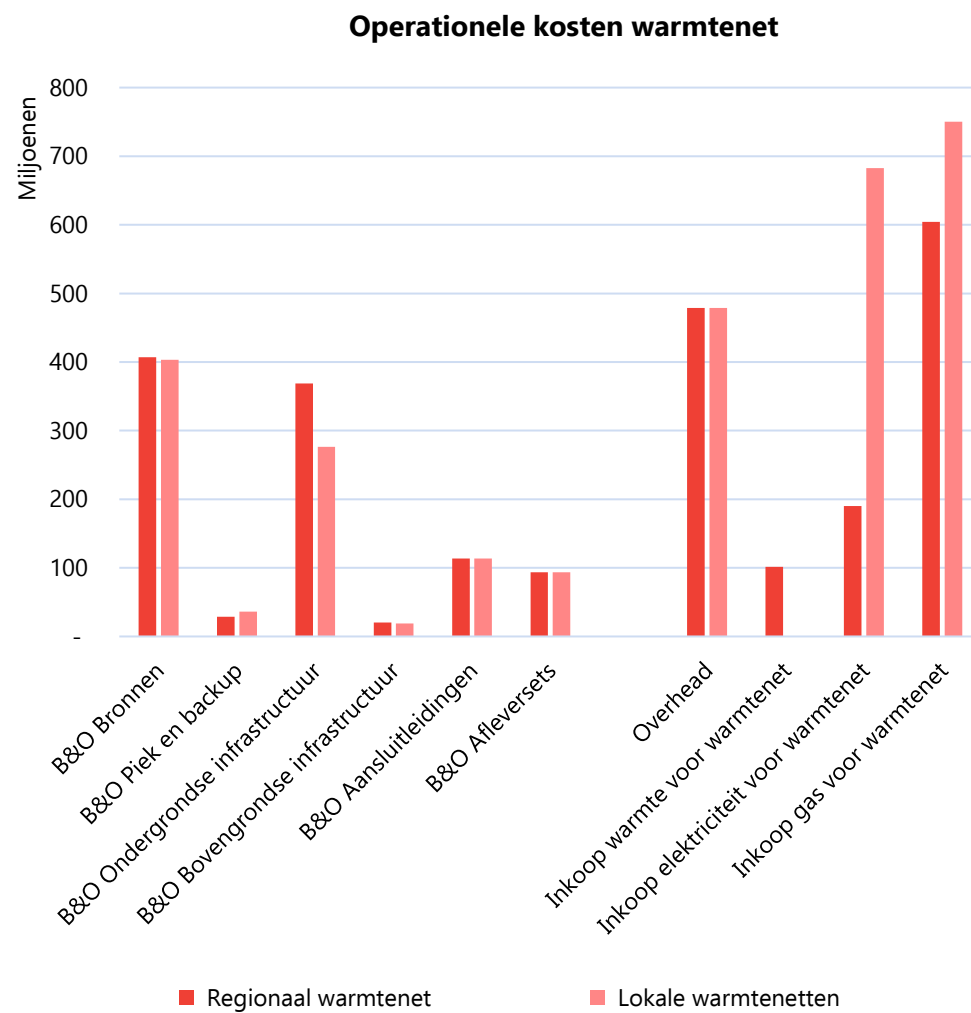
Daarnaast omvatten de operationele kosten de inkoop van elektriciteit en gas dat nodig is voor de exploitatie van het warmtenet. De kosten voor de inkoop van elektriciteit zijn aanzienlijk hoger bij de lokale warmtenetten dan bij het regionale warmtenet. Dit komt doordat er bij lokale warmtenetten veel elektrische opwaardering nodig is om de warmte uit de lage-temperatuurbronnen geschikt te maken voor ruimteverwarming. Bovendien wordt bij geothermie formatiegas opgepompt met het water. Dit gas wordt afgevangen en benut voor de opwekking van elektriciteit voor gebruik binnen de geothermiebron, waardoor de inkoop van elektriciteit voor de geothermiebronnen verder wordt beperkt. Daarnaast is de inkoop van gas hoger bij lokale warmtenetten, omdat lokale warmtenetten beschikken over meerdere afzonderlijke piek- en back-upvoorzieningen, terwijl het regionale warmtenet deze functies op systeemniveau invult.

Bij het regionale warmtenet wordt warmte van bestaande warmtebronnen ingekocht, wat bij de lokale warmtenetten niet het geval is. De investeringen in deze bestaande bronnen zijn niet meegenomen, omdat deze reeds in het verleden zijn gedaan. Voor de inkoop van warmte wordt echter wel een vergoeding gehanteerd. Dit betreft onder meer de inkoop van warmte uit het bestaande warmtenet van Vattenfall en warmte geleverd via WarmtelinQ.

Operationele kosten	Regionaal warmtenet	Lokaal warmtenetten
B&O Bronnen warmtenet	406,9	403,4
B&O Piek en backup warmtenet	28,6	36,1
B&O Ondergrondse infrastructuur warmtenet	368,5	276,4
B&O Bovengrondse infrastructuur warmtenet	20,4	18,7
B&O Aansluitleidingen warmtenet	113,4	113,4
B&O Afleversets warmtenet	93,6	93,6
Overhead warmtenet	478,7	478,7
Inkoop warmte	80,7	-
Vaste kosten warmte-inkoop	20,8	-
Elektriciteitsverbruik warmtenet	190,2	682,5
Gasverbruik piek en backup warmtenet	581,6	711,4
Vaste kosten gasgebruik warmtenet	22,6	38,7
<b>Totaal operationele kosten warmtenet</b>	<b>2.406,0</b>	<b>2.852,8</b>

Tabel 12: resultaten in mln EUR, prijspeil 2026, netto contante waarde

## 4.2 Resultaten: kosten in de MKBA



## 4.3 Resultaten: baten in de MKBA

### Maatschappelijke effecten netcongestie

Omdat netcongestie een zeer belangrijke waardedrijver is binnen de MKBA, is bij het bepalen van het optreden van netcongestie bewust een conservatieve benadering gehanteerd. Deze voorzichtigheid verkleint het risico op overschatting van baten en draagt bij aan de robuustheid van de uitkomsten.

Allereerst wordt netcongestie uitsluitend gewaardeerd wanneer deze volgens de beschikbare prognoses daadwerkelijk optreedt binnen de analyseperiode. Potentiële of onzeker geachte congestie-effecten worden niet meegenomen. Deze aanpak betekent dat actuele maatschappelijke schade als gevolg van netcongestie slechts beperkt in de MKBA is verwerkt. In de praktijk is netcongestie op dit moment al afgekondigd op diverse locaties, juist omdat prognoses laten zien dat toekomstige tekorten zullen ontstaan. Dit leidt ertoe dat partijen nu al op wachtlijsten staan en investeringen worden uitgesteld of afgesteld. De maatschappelijke schade die hieruit voortvloeit, zoals voor economische activiteit, wordt echter niet expliciet in deze MKBA gewaardeerd, aangezien we in deze MKBA het effect van de projectalternatieven op de netcongestie berekenen. Gezien het feit dat de realisatie van de warmtenetten tijd nodig heeft, is er ook pas een effect op netcongestie heet als de eerste aansluitingen op het warmtenet worden gerealiseerd.

Een belangrijke consequentie hiervan is dat het warmtenet slechts in beperkte mate bijdraagt aan het mitigeren van de huidige "eerste netcongestiegolf". In de MKBA wordt aangenomen dat de eerste woningen of bedrijven zich op het warmtenet aansluiten in 2029. Het duurt vervolgens meerdere jaren voordat voldoende woningen zijn aangesloten om substantiële besparingen in elektriciteitstransportcapaciteit te realiseren. Tegen die tijd is het elektriciteitsnet - volgens de huidige investeringsplannen van Liander - al verzaagd, waardoor de bijdrage van het warmtenet aan het voorkomen van de huidige (eerste) golf van congestie beperkt blijft. Dit leidt ertoe dat slechts ongeveer €100 miljoen van de totale baten van het voorkomen van netcongestie in de eerste golf worden gerealiseerd.

Voor toekomstige netcongestiegolven is de uitrol van het warmtenet daarentegen relevanter. Uit de analyse met Liander blijkt dat de warmtenetalternatieven op de middellange termijn (2030-2040) al kunnen bijdragen aan het beperken van de groei van de vraag naar transportcapaciteit. De tweede congestiegolf, die grofweg optreedt tussen 2035 en 2040, wordt daarmee beperkt in duur en omvang. Ten opzichte van de individuele warmtepompen zorgt het regionale warmtenet in 2035 bijvoorbeeld voor een besparing van de vraag naar netcapaciteit van 219MW, en in 2040 al voor een besparing van 309MW. Dit komt doordat de voltooiing van het warmtenet in deze jaren echt goed op gang komt.

Tot slot wordt netcongestie die zich volgens de prognoses na 2045 zou voordoen niet gemonetariseerd. We doen hiervoor de aanname dat de netverzwaringen die nodig zijn om deze netcongestie te voorkomen tijdig zullen worden gerealiseerd, waardoor structurele congestie op de lange termijn (de "derde congestiegolf") wordt voorkomen. Dit uitgangspunt wordt onderschreven door Liander.

De congestie die bespaard blijft door realisatie van de warmtenetten is gewaardeerd aan de hand van de gemiddelde maatschappelijke schade per niet-geleverde MWh.<sup>1</sup> Berekeningen van de hoeveelheid niet geleverde elektriciteit (in MWh) zijn gemaakt op basis van de capaciteitsfactor van grootzakelijke klanten van Liander. Dit leidt tot baten voor het regionale warmtenet € 1,4 miljard aan voorkomen schade door netcongestie ten opzichte van het nulalternatief. De baten van de lokale warmtenetten iets lager, omdat het totaal aan bronnen een iets groter elektrisch vermogen vraagt bij de lokale warmtenetten dan bij het regionale warmtenet, waardoor de besparing in netcongestie iets afneemt.

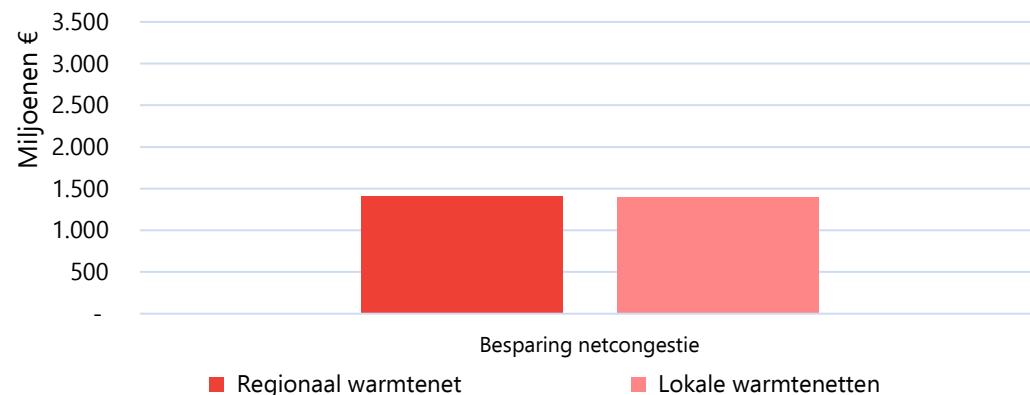
Vermeden maatschappelijke kosten netcongestieVerm	Regionaal warmtenet	Lokaal warmtenetten
<b>Totaal besparing netcongestie</b>	<b>1.408,2</b>	<b>1.392,0</b>

Tabel 13: resultaten in mln EUR, prijspeil 2026, netto contante waarde

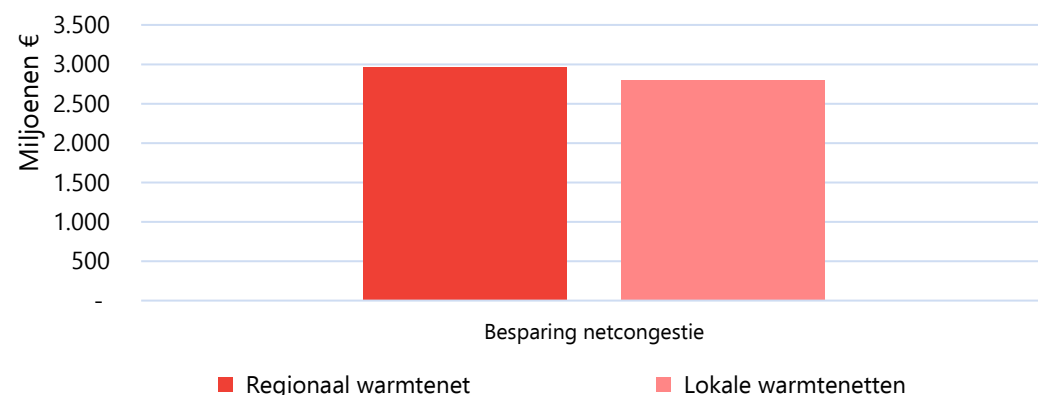
1. De netto maatschappelijke kostprijs van netcongestie, Ecorys (2025) – [link](#)

## 4.3 Resultaten: baten in de MKBA

**Besparing maatschappelijke kosten van netcongestie**  
netverzwaring volgens planning



**Besparing maatschappelijke kosten van netcongestie**  
twee jaar vertraging in netverzwaring



### Vertraging in netverzwaring

Vanwege de relatief grote onzekerheid omtrent de timing van netverzwaring en het relatief grote effect dat netcongestie heeft op de uitkomsten, hebben we een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd waarin de investeringsplannen van de netbeheerders *minder maakbaar* zijn en vertraging optreedt in de uitbreiding van de transportcapaciteit. Dit wordt beschouwd als een realistisch scenario, gezien de toekomstige uitdagingen waar netbeheerders voor staan. In dit scenario is uitgegaan van een vertraging van twee jaar in de investeringen in de periode 2035–2040.

Het effect hiervan op de uitkomsten van de MKBA is aanzienlijk. Het baten-kostensaldo van het regionale warmtenet neemt toe tot bijna € 1,7 miljard, met een bijbehorende baten-kostenratio van 1,27. Dit laat zien dat bij een dergelijke vertraging in netuitbreiding de maatschappelijke gevolgen fors toenemen, waardoor de maatschappelijke waarde van het regionale warmtenet sterk stijgt. Voor de lokale warmtenetten geldt ook een forse toename in de uitkomsten: een saldo van € 1,1 miljard positief en een ratio van 1,17. De twee grafieken hiernaast laten het verschil in uitkomsten zien op de besparing in maatschappelijke kosten van netcongestie die een dergelijke vertraging teweegbrengt.

Overigens wordt ook in deze gevoeligheidsanalyse nog steeds verondersteld dat een eventuele 'derde congestiegolf' na 2045 tijdig wordt voorkomen door aanvullende investeringen in transportcapaciteit.

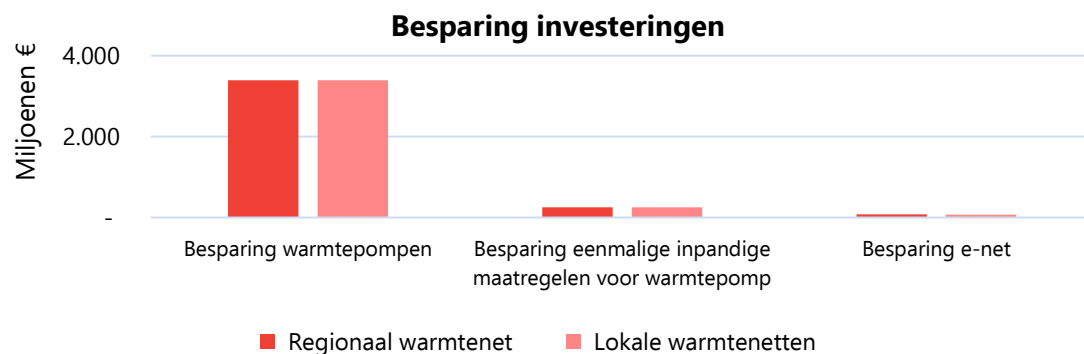
## 4.3 Resultaten: baten in de MKBA

### Bespaarde investeringen warmtepompen en netinfrastructuur

Vanuit het perspectief van de projectalternatieven vormt het vermijden van investeringen in individuele warmtepompen een belangrijke maatschappelijke baat. Deze besparing betreft met name de aanschaf en installatie van warmtepompen, waarvoor bovendien relatief frequent herinvesteringen nodig zijn, gemiddeld eens per 15 jaar. Zoals uit de resultaten blijkt, zijn de aanvullende investeringen in netinfrastructuur die samenhangen met de benodigde transportcapaciteit daarbij relatief beperkt. Ook de kosten voor de eenmalige in pandige maatregelen voor de warmtepompen zijn relatief beperkt. Hieronder valt het aanpassen van de radiatoren in een deel van de panden en het aanpassen van de meterkasten in alle panden met een warmtepomp.

Besparing investeringen, herinvesteringen en restwaarde	Regionaal warmtenet	Lokaal warmtenetten
Investeringen warmtepompen	3.390,1	3.390,1
Eenmalige in pandige maatregelen voor warmtepomp	255,3	255,3
Investeringen netinfrastructuur	77,9	70,7
<b>Totaal bespaarde investeringen</b>	<b>3.723,3</b>	<b>3.716,1</b>

Tabel 14: resultaten in mln EUR, prijspeil 2026, netto contante waarde

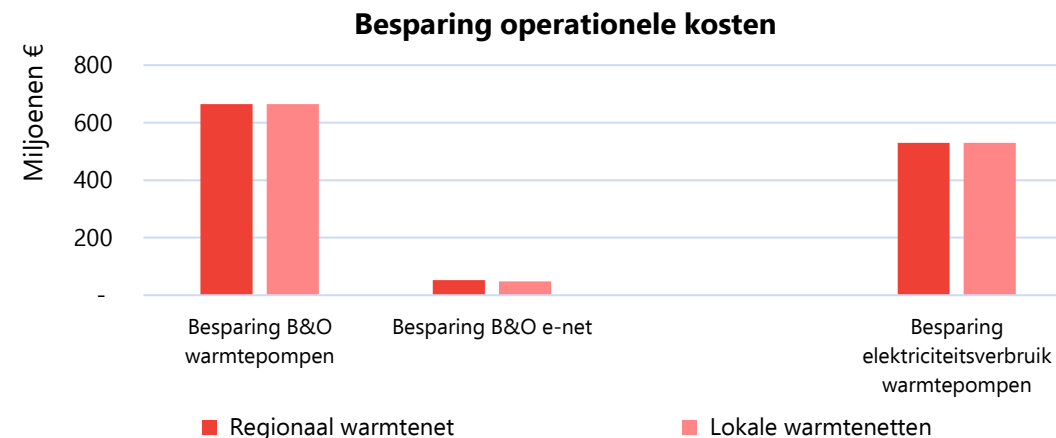


### Bespaarde operationele kosten warmtepompen en netinfrastructuur

Individuele warmtepompen vereisen beheer en onderhoud. Deze kosten worden in het geval van warmtenetten vermeden en vormen daarmee een maatschappelijke besparing. Deze besparing is voor beide projectalternatieven gelijk, aangezien in beide gevallen hetzelfde aantal individuele warmtepompen niet hoeft te worden gerealiseerd. Daarnaast is er minder additionele elektriciteitsinfrastructuur bij warmtenetten niet nodig, waardoor er ook een besparing optreedt op beheer- en onderhoudskosten van die infrastructuur.

Besparing operationele kosten warmtepompen en e-net	Regionaal warmtenet	Lokaal warmtenetten
Besparing beheer en onderhoud warmtepompen	665,0	665,0
Besparing beheer en onderhoud netinfrastructuur	53,1	47,7
Besparing elektriciteitsverbruik warmtepompen	529,4	529,4
<b>Totaal bespaarde operationele kosten warmtepompen en e-net</b>	<b>1.247,5</b>	<b>1.242,2</b>

Tabel 15: resultaten in mln EUR, prijspeil 2026, netto contante waarde



## 4.3 Resultaten: baten in de MKBA

### Uitstoot van broeikasgassen

We maken onderscheid tussen uitstoot van broeikasgassen tijdens de realisatie, operatie en ontmanteling van de verschillende assets enerzijds, en uitstoot door verbruik van energie anderzijds. Op deze pagina behandelen we eerst de uitstoot van de assets.

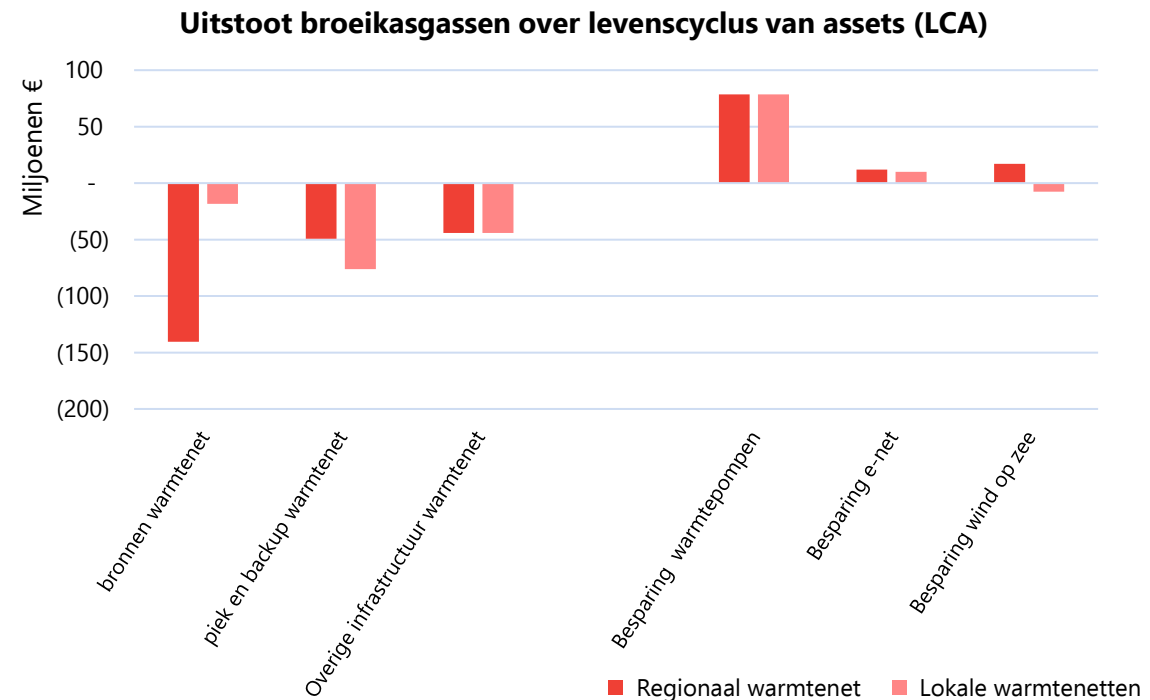
De uitstoot van broeikasgassen van geothermie is relatief hoog, voornamelijk als gevolg van het gebruik van de formatiegassen bij de geothermiebronnen. Doordat er aanzienlijk meer geothermie is in het regionale warmtenet, scoort het regionale warmtenet hier minder goed dan de lokale warmtenetten. De keerzijde hiervan is dat het regionale warmtenet een lagere elektriciteitsvraag kent, zoals beschreven op pagina 34.

CO <sub>2</sub> -uitstoot levenscyclus infrastructuur	Regionaal warmtenet	Lokaal warmtenetten
Uitstoot warmtebronnen warmtenet	- 140,6	- 18,5
Uitstoot piek en backup warmtenet	- 49,2	- 76,3
Uitstoot overige infrastructuur warmtenet	- 44,0	- 44,0
Besparing uitstoot warmtepompen	78,5	78,5
Besparing uitstoot netinfrastructuur	11,9	10,1
Besparing uitstoot wind op zee	17,0	- 7,5
<b>Totale CO<sub>2</sub>-eq uitstoot levenscyclus infrastructuur</b>	<b>- 126,4</b>	<b>- 57,7</b>

Tabel 16: resultaten in mln EUR, prijspeil 2026, netto contante waarde

De verschillende onderdelen van het elektriciteitsnet, die bespaard worden doordat de warmtenetten de vraag naar transportcapaciteit van elektriciteit verlagen, leveren dan weer een baat op voor de warmtenetalternatieven. Dit zit voornamelijk in het materiaalgebruik op de verschillende elektriciteitsstations en de verschillende typen kabels.

Over het geheel gezien blijkt dat de uitstoot van de assets geen doorslaggevende betekenis heeft in de MKBA.



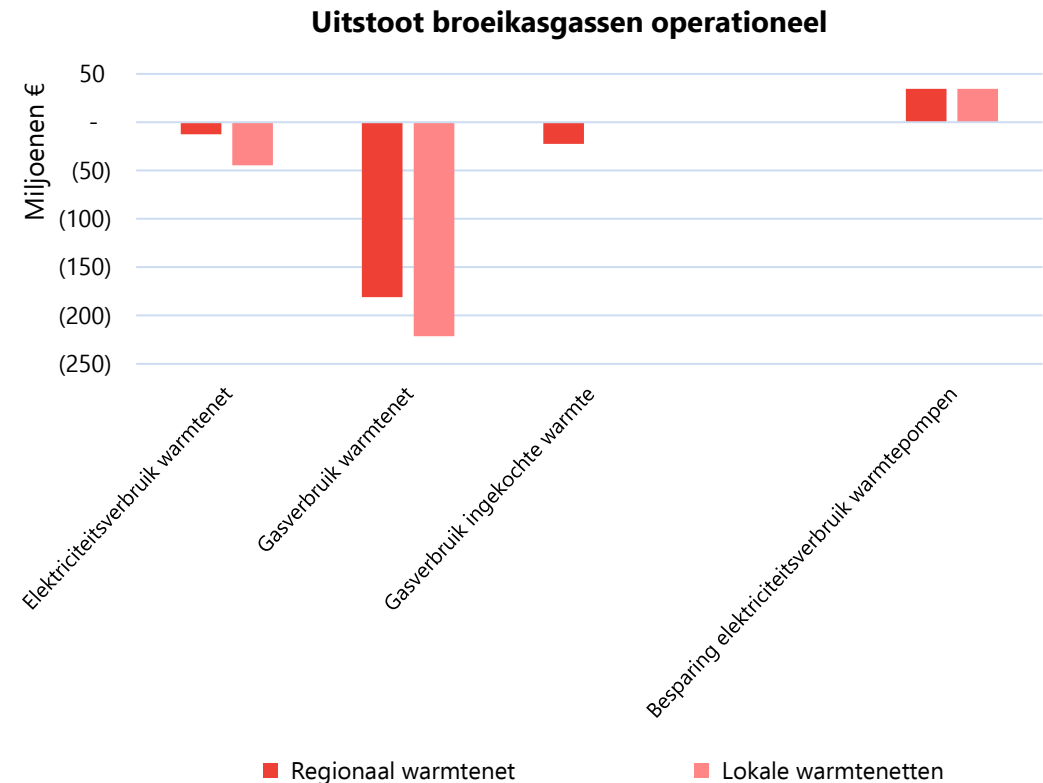
## 4.3 Resultaten: baten in de MKBA

De uitstoot van broeikasgassen door het energieverbruik in de operationele fase ligt in de warmtenetalternatieven flink hoger ten opzichte van het nulalternatief. De reden hiervoor is het gasverbruik voor de piek en back-up van het warmtenet. Aangezien in het scenario lokale warmtenetten meer gas wordt verbruikt ten opzichte van het regionaal warmtenet zijn de negatieve baten hoger bij lokale warmtenetten.

Tegelijkertijd wordt de elektriciteitsmix in de tijd steeds duurzamer, waardoor de CO<sub>2</sub>-intensiteit van elektriciteitsgebruik afneemt. Deze tegengestelde ontwikkelingen werken tegelijkertijd door in de uitkomsten van de MKBA. Voor piek- en back-upvoorzieningen wordt verondersteld dat deze steeds meer gebruikmaken van groen gas, waardoor ook deze component in de tijd schoner wordt. Overigens is de CO<sub>2</sub>-uitstoot van elektriciteit nu al aanzienlijk lager dan die van aardgas, mede doordat een substantieel deel van de elektriciteitsproductie reeds is verduurzaamd.

CO <sub>2</sub> -uitstoot operationeel	Regionaal warmtenet	Lokaal warmtenetten
Elektriciteitsverbruik warmtenet	- 12,5	- 44,7
Gasverbruik warmtenet	- 180,9	- 221,3
Gasverbruik ingekochte warmte	- 22,4	-
Besparing elektriciteitsverbruik warmtepompen	34,5	34,5
<b>Totale CO<sub>2</sub>-eq uitstoot levenscyclus infrastructuur</b>	<b>- 181,3</b>	<b>- 231,6</b>

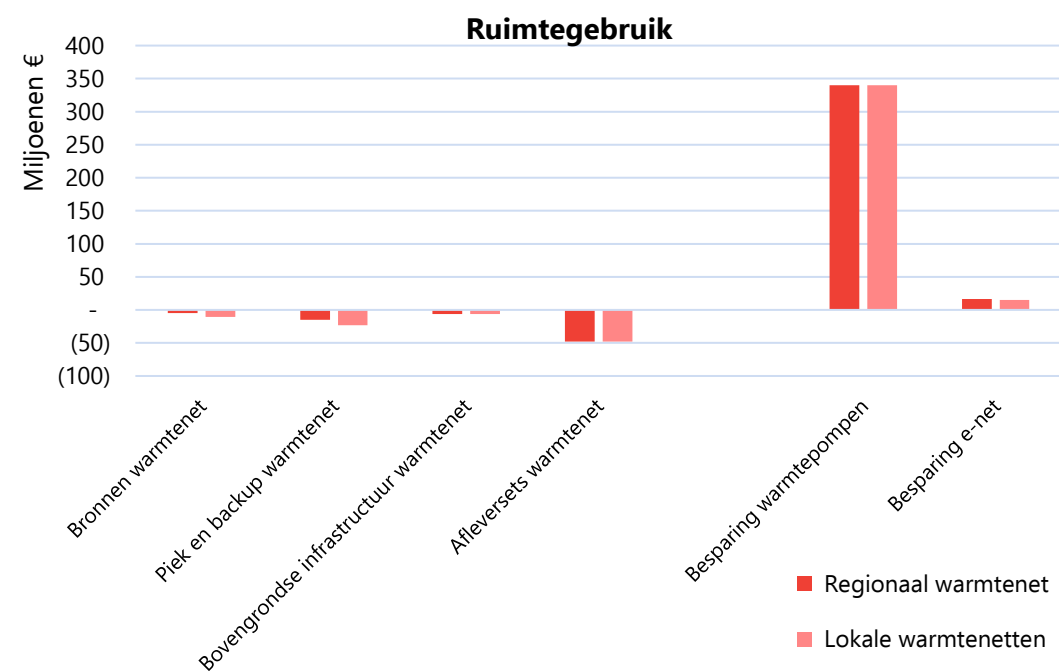
Tabel 17: resultaten in mln EUR, prijspeil 2026, netto contante waarde



## 4.3 Resultaten: baten in de MKBA

### Ruimtegebruik

Bij individuele warmtepompen vormt het ruimtegebruik in de woning de grootste kostenpost binnen deze categorie. Aangezien een warmtepomp meer ruimte vergt in de woning dan een afleverset van een warmtenet, zorgen de warmtenetalternatieven tot besparingen in ruimtegebruik ten opzichte van het nulalternatief. De waardering van ruimte vindt plaats op basis van de marginale waarde van woonruimte (zie pagina 23 voor meer toelichting). Hierbij wordt impliciet aangenomen dat de benodigde ruimte daadwerkelijk beschikbaar is. In de praktijk blijkt dit met name in dichtbebouwde stedelijke gebieden echter regelmatig een knelpunt. De mate waarin dit problematisch is, verschilt per locatie en per type grond.



Het regionale warmtenet laat een licht positiever resultaat zien op ruimtegebruik dan lokale warmtenetten. Dit komt door het ruimtegebruik van de warmtebronnen en piek- en backupvoorzieningen. Bij de lokale warmtenetten bevinden deze voorzieningen zich in de wijk, wat betekent dat ze op relatief dure (bouw)grond staan, terwijl zij bij het regionale warmtenet vaker buiten de gemeente zijn gesitueerd. Bronnen voor lokale warmtenetten moeten namelijk dicht bij de woningen en daarmee vaker in stedelijk gebied worden gerealiseerd, terwijl het regionale warmtenet werkt met grootschaligere voorzieningen die verder van het bebouwde gebied liggen.

Grondgebruik	Regionaal warmtenet	Lokaal warmtenetten
Bronnen warmtenet	- 4,8	- 10,5
Piek en backup warmtenet	- 15,1	- 23,3
Ondergrondse infrastructuur warmtenet	-	-
Bovengrondse infrastructuur warmtenet	- 6,3	- 6,3
Aansluitleidingen warmtenet	-	-
Afleversets warmtenet	- 48,0	- 48,0
Besparing warmtepompen	340,0	340,0
Besparing netinfra	16,7	15,3
<b>Totale besparing grondgebruik</b>	<b>282,6</b>	<b>267,1</b>

Tabel 18: resultaten in mln EUR, prijspeil 2026, netto contante waarde

## 4.4 Resultaten: gevoeligheidsanalyse

Om de robuustheid van de totale uitkomsten te testen is het gebruikelijk om in een MKBA meerdere gevoeligheidsanalyses te doen. Dit is logisch om toe te passen op de aannames waar de meeste onzekerheid over heerst en/of die heel bepalend voor het eindresultaat kunnen zijn. We doen in het onderzoek 4 typen gevoeligheidsanalyses. De resultaten zonder gevoeligheidsanalyse staan in onderstaande tabel:

Uitkomsten MKBA	Regionaal warmtenet	Lokale warmtenetten
<b>Baten-kostensaldo</b>	<b>125,9</b>	<b>- 275,5</b>
<b>Baten-kostenratio</b>	<b>1,02</b>	<b>0,96</b>

Tabel 19: resultaten in mln EUR, prijspeil 2026, netto contante waarde

### Gevoeligheidsanalyse op de discountvoet

Een standaard voorgeschreven gevoeligheidsanalyse bij MKBA's is op de hoogte van de discountvoet. In deze gevoeligheidsanalyse worden de gebruikte discountvoeten met zowel 0,6 procentpunt verhoogd en verlaagd. Dit heeft vooral veel invloed op de uitkomsten als er tussen de alternatieven een groot verschil in de timing van maatregelen bestaat.

De gevolgen van deze gevoeligheidsanalyse zijn klein, omdat zowel in het nulalternatief als in de projectalternatieven significante investeringen worden gedaan voor de toekomstige warmtevoorziening, op grofweg hetzelfde moment in de tijd.

Gevoeligheidsanalyse	Uitkomsten MKBA	Regionaal warmtenet	Lokale warmtenetten
<b>Lagere discountvoet</b>	Baten-kostensaldo	<b>218,9</b>	<b>- 301,0</b>
	Baten-kostenratio	<b>1,05</b>	<b>0,96</b>
<b>Hogere discountvoet</b>	Baten-kostensaldo	<b>46,6</b>	<b>- 258,9</b>
	Baten-kostenratio	<b>1,01</b>	<b>0,96</b>

Tabel 20: resultaten in mln EUR, prijspeil 2026, netto contante waarde

### Gevoeligheidsanalyse op investeringen

De kosten voor de investeringen zijn in deze MKBA relatief groot. Het is daarom interessant om te zien wat tegen- of meevallende investeringen doen met de resultaten. De gevoeligheidsanalyse maakt inzichtelijk wat het effect is van hogere of lagere investeringen voor het warmtenet en voor de warmtepompen. De investeringen worden steeds met 10% verhoogd of verlaagd, wat onder andere ook doorwerkt in de herinvesteringen en het beheer en onderhoud.

De gevolgen zijn groter dan de eerdere twee gevoeligheidsanalyses. Bij tegenvallende investeringen van het warmtenet of meevallende investeringen van de warmtepompen wordt de uitkomst van de MKBA negatief voor beide warmtenet-alternatieven. Bij meevallende investeringen voor het warmtenet of tegenvallende investeringen voor de warmtepompen pakken beide alternatieven positief uit.

Gevoeligheidsanalyse	Uitkomsten MKBA	Regionaal warmtenet	Lokale warmtenetten
<b>Tegenvallende investeringen warmtenet</b>	Baten-kostensaldo	<b>- 275,0</b>	<b>- 663,9</b>
	Baten-kostenratio	<b>0,96</b>	<b>0,90</b>
<b>Meevallende investeringen warmtenet</b>	Baten-kostensaldo	<b>526,7</b>	<b>112,8</b>
	Baten-kostenratio	<b>1,09</b>	<b>1,02</b>
<b>Tegenvallende investeringen warmtepompen</b>	Baten-kostensaldo	<b>517,7</b>	<b>116,3</b>
	Baten-kostenratio	<b>1,08</b>	<b>1,02</b>
<b>Meevallende investeringen warmtepompen</b>	Baten-kostensaldo	<b>- 266,0</b>	<b>- 667,4</b>
	Baten-kostenratio	<b>0,96</b>	<b>0,90</b>

Tabel 21: resultaten in mln EUR, prijspeil 2026, netto contante waarde

## 4.4 Resultaten: gevoeligheidsanalyse

### Gevoeligheidsanalyse op de CO<sub>2</sub>-prijs

In de basis wordt in de MKBA gerekend met een gemiddelde efficiënte CO<sub>2</sub>-prijs van de vier WLO-scenario's, ter hoogte van €212 per ton CO<sub>2</sub>-eq in 2030 (prijspeil 2026).<sup>1</sup> In de gevoeligheidsanalyse hanteren we de CO<sub>2</sub>-prijzen uit de WLO-scenario's met de hoogste en laagste CO<sub>2</sub>-prijs, namelijk Hoog Vertraagd en Laag Snel. Omdat de warmtenet-scenario's in totaal een hogere CO<sub>2</sub>-uitstoot (levenscyclus infrastructuur + operationeel) hebben dan het nulalternatief, zorgt een hogere CO<sub>2</sub>-prijs voor een negatief saldo in beide warmtenetscenario's. De lagere CO<sub>2</sub>-prijs zorgt voor een hoger saldo. Al met al is ook de impact van deze gevoeligheidsanalyse klein, omdat alle alternatieven CO<sub>2</sub>-uitstoot kennen (die overigens aanzienlijk lager is dan de CV-ketels in de huidige situatie).

Gevoeligheidsanalyse	Uitkomsten MKBA	Regionaal warmtenet	Lokale warmtenetten
<b>Hoog Vertraagd:</b> €136 per ton CO <sub>2</sub> -eq. in 2030	Baten-kostensaldo	236,5	- 171,6
	Baten-kostenratio	1,04	0,97
<b>Laag Snel:</b> €395 per ton CO <sub>2</sub> -eq. in 2030	Baten-kostensaldo	-141,0	- 526,4
	Baten-kostenratio	0,98	0,92

Tabel 22: resultaten in mln EUR, prijspeil 2026, netto contante waarde

### Gevoeligheidsanalyse op de participatiegraad

In de basis wordt uitgegaan van een participatiegraad van 80% voor woningen en kleinzakelijke gebruikers en 50% voor grootverbruikers. In deze gevoeligheidsanalyse worden deze participatiegraden verlaagd met 10%, naar respectievelijk 72% en 45%.

Wanneer men van tevoren weet dat er een lager aantal aansluitingen zal worden gerealiseerd, kan het ontwerp van het warmtenet hierop worden aangepast. De kosten bewegen dan voor een deel mee met het verwachte aantal aansluitingen. Het kan echter ook voorkomen dat men het warmtenet aanlegt voor 80% van de woningen en kleinzakelijke gebruikers en voor 50% van de grootverbruikers, terwijl er na verloop van tijd blijkt dat deze percentages niet gehaald gaan worden. In dat geval is de warmte-infrastructuur al grotendeels gerealiseerd, waardoor dit niet meer kan worden afgeschaald. In deze gevoeligheidsanalyse testen we dit laatste scenario: wat als na het aanleggen van het warmtenet de participatie blijkt tegen te vallen?

Ongeveer alle kosten- en batenposten worden hierdoor beïnvloedt: de kosten voor de warmte-infrastructuur neemt af, doordat aansluitleidingen, afleversets en piek en backup nog wel kunnen worden afgeschaald. Aan de andere kant stijgen de kosten en het grondgebruik voor de warmtepompen binnen de warmtenetscenario's, omdat er minder aansluitingen op het warmtenet worden gerealiseerd en er dus meer warmtepompen moeten komen. Hierdoor neemt ook de besparing op de netcongestie af. Al met al neemt het resultaat van de MKBA af, doordat er warmte-infrastructuur wordt gerealiseerd die niet volledig wordt gebruikt en daardoor onnodig voor extra kosten zorgt.

Gevoeligheidsanalyse	Uitkomsten MKBA	Regionaal warmtenet	Lokale warmtenetten
<b>Lagere participatie- graad (72%/72%/45%)</b>	Baten-kostensaldo	-178,6	-625,4
	Baten-kostenratio	0,97	0,90

Tabel 23: resultaten in mln EUR, prijspeil 2026, netto contante waarde

1. Zie CPB en PBL (2025), Toekomstverkenning WLO: efficiënte CO<sub>2</sub>-prijzen [link](#). De CO<sub>2</sub>-prijzen nemen jaarlijks toe.

## 4.4 Resultaten: gevoeligheidsanalyse

### Gevoeligheidsanalyse op de realisatie van netverzwaring

In de basis gaan we ervan uit dat de netverzwaring wordt gerealiseerd conform de investeringsplannen van Liander en TenneT. In de praktijk blijkt echter dat netverzwaringprojecten regelmatig vertraging oplopen, waardoor netcongestie langer aanhoudt dan gepland. Daarnaast wordt steeds vaker gesproken over het zogenoemde *maakbaarheidsgat*: het verschil tussen de benodigde investeringen in het elektriciteitsnet en wat netbeheerders binnen de beschikbare tijd daadwerkelijk kunnen realiseren. Dit maakbaarheidsgat kan oplopen tot circa 25%.<sup>1</sup> Oorzaken hiervoor zijn onder meer structurele tekorten aan technisch geschoold personeel, schaarste aan materialen en beperkte fysieke ruimte voor de plaatsing van transformatorhuisjes en elektriciteitsstations.<sup>2</sup> Om deze onzekerheden rondom de realisatie van netverzwaring te adresseren, voeren we een gevoeligheidsanalyse uit op de timing van de netuitbreidingen.

Op p. 27 en 32 hebben we reeds de resultaten besproken wanneer de netverzwaringprojecten tussen 2035 en 2040, die de tweede golf aan netcongestie zouden moeten oplossen, met twee jaar vertragen. De resultaten stijgen aanzienlijk en zijn volledig toe te schrijven aan het feit dat de warmtenetten in dat geval meer congestie voorkomen dan wanneer de netverzwaring volgens planning verloopt.

In aanvulling daarop staan in onderstaande tabel de resultaten wanneer de realisatie van de netverzwaring op de korte termijn (tussen 2028 en 2031) met één jaar vertraagt. Deze verzwaringen moeten de eerste congestiegolf oplossen. Ook dan stijgen de resultaten, maar beduidend minder dan bij de vertraging in de tweede golf. Dit komt omdat er op de korte termijn in de warmtenetscenario's nog weinig aansluitingen op het warmtenet zijn gerealiseerd. Alhoewel er dus sprake is van netcongestie, kan dit in beperktere mate worden voorkomen door het warmtenet. Een vertraging in de netverzwaring op korte termijn heeft daardoor in deze MKBA minder impact dan een vertraging tijdens de tweede congestiegolf.

Gevoeligheidsanalyse	Uitkomsten MKBA	Regionaal warmtenet	Lokale warmtenetten
<b>1 jaar vertraging in eerste congestiegolf</b>	Baten-kostensaldo	<b>465,5</b>	<b>13,1</b>
	Baten-kostenratio	<b>1,07</b>	<b>1,00</b>
<b>2 jaar vertraging in tweede congestiegolf</b>	Baten-kostensaldo	<b>1.683,6</b>	<b>1.134,3</b>
	Baten-kostenratio	<b>1,27</b>	<b>1,17</b>

Tabel 24: resultaten in mln EUR, prijspeil 2026, netto contante waarde

### Gevoeligheidsanalyse isoleren

In dit onderzoek is in overleg met gemeenten voor zowel in het nulalternatief als in de projectalternatieven uitgegaan van isolatie tot schillabel B. Voor de projectalternatieven geldt dat schillabel D in principe volstaat, omdat een woning verwarmen door middel van een warmtenet vanaf schillabel D mogelijk is. Voor een warmtepomp is schillabel B het minimum. In de praktijk kan er dus bespaard worden op de isolatiekosten bij de projectalternatieven ten opzichte van het nulalternatief. Uit het Toekomstbeeld blijkt dat - wanneer de in scope zijnde woningen en utiliteiten worden geïsoleerd naar label B in plaats van D - de extra investering ongeveer € 1 miljard bedraagt.<sup>3</sup> Een kanttekening hierbij is wel dat een minder goede isolatie zorgt voor een grotere warmtevraag van deze woningen en utiliteiten, en een lagere woningwaarde door het minder goede energielabel.

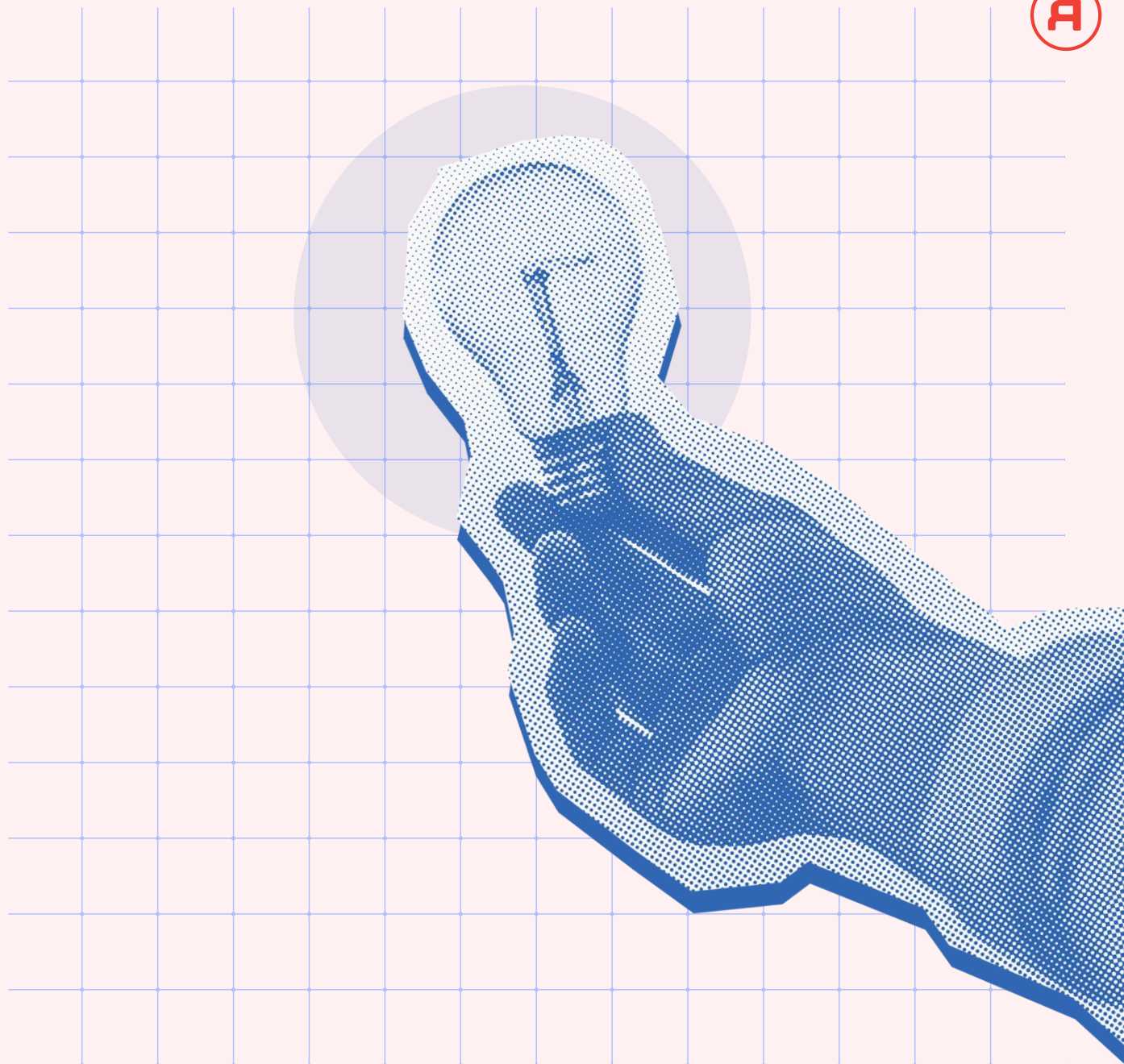
1. DNV, *Maakbaarheidsgat Nederlandse elektriciteitsnet per 2030* – [link](#)

2. *Energie, Netbeheerders kunnen tot 25% van de vraag niet aan* – [link](#)

3. *Toekomstbeeld regionaal warmtesysteem Holland Rijnland*

HOOFDSTUK 5

# Conclusie



## 5. Conclusie

In deze paragraaf worden de belangrijkste conclusies uit de MKBA gepresenteerd.

**De analyse laat zien dat het maatschappelijke kosten-batensaldo van het regionaal warmtenet vergelijkbaar is met dat van individuele warmtepompen en lokale warmtenetten.**

De verschillen tussen de projectalternatieven en het nulalternatief zijn dermate gering dat zij binnen de onzekerheidsmarges van de analyse vallen. Er kunnen daarom geen robuuste conclusies worden getrokken over de maatschappelijke meerwaarde van de verschillende warmteoplossingen.

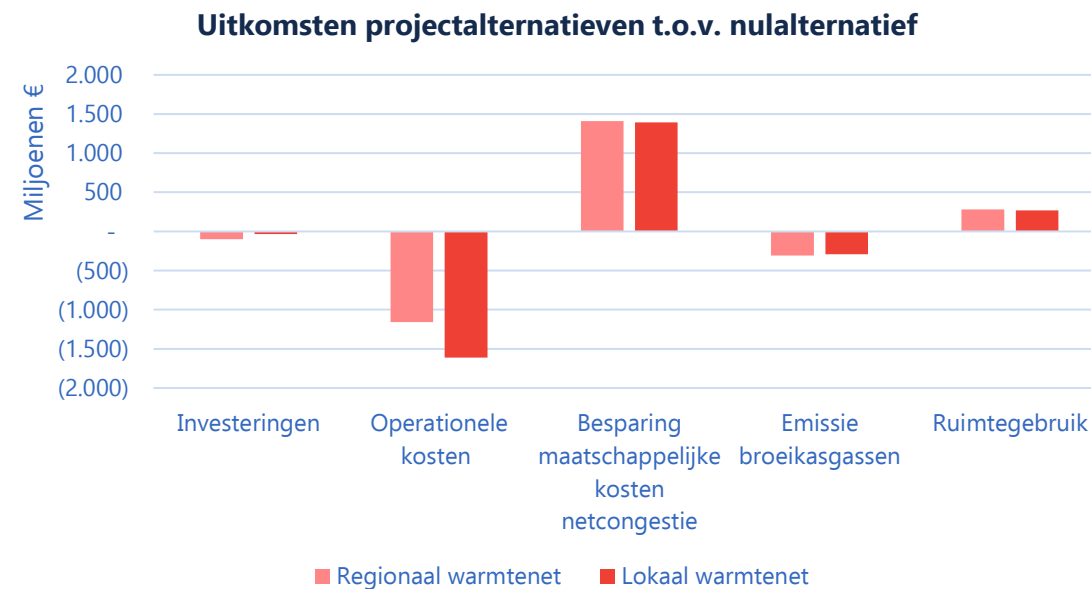
Voor het regionale warmtenet laat de analyse een licht positief baten-kostensaldo zien van € 126 miljoen. De maatschappelijke baten overstijgen de kosten met circa 2%. Hoewel de investerings- (beperkt) en operationele kosten (aanzienlijk) van een regionaal warmtenet hoger zijn dan bij individuele warmtepompen en ook hogere broeikasgasemissies, worden deze meerkosten gecompenseerd door maatschappelijke baten. Het gaat daarbij met name om het vermijden van maatschappelijke schade als gevolg van netcongestie en het beperken van waardevol inpandig ruimtebeslag. De maatschappelijke effecten van netcongestie vormen een belangrijke factor voor de uitkomsten van de MKBA.

Lokale warmtenetten laten een minder gunstig beeld zien dan individuele warmtepompen. Het baten-kostensaldo bedraagt € 276 miljoen negatief; de baten liggen circa 4% onder de kosten. Het verschil in uitkomsten met het regionale warmtenet hangt samen met een andere kostenstructuur. Het regionale warmtenet kent hogere initiële investeringen, vooral door de aanleg van omvangrijke regionale warmteverbindingen. Lokale warmtenetten vragen daarentegen hogere investeringen in warmtebronnen, omdat meerdere decentrale bronnen nodig zijn in plaats van enkele grootschalige regionale bronnen. Daarnaast zijn de operationele kosten bij lokale warmtenetten hoger, met name door de aanzienlijke

elektriciteitsvraag voor het opwaarderen van warmte uit laagtemperatuurbronnen. Deze hogere elektriciteitsvraag verklaart ook waarom lokale warmtenetten minder maatschappelijke kosten voor netcongestie besparen dan het regionale warmtenet.

Uitkomsten MKBA	Regionaal warmtenet	Lokale warmtenetten
Kosten t.o.v. nulalternatief	6.228,0	6.603,7
Baten t.o.v. nulalternatief	6.353,9	6.328,1
<b>Baten-kostensaldo</b>	<b>125,9</b>	<b>- 275,5</b>
<b>Baten-kostenratio</b>	<b>1,02</b>	<b>0,96</b>

Tabel 25: resultaten in mln EUR, prijspeil 2026, netto contante waarde



## 5. Conclusie

Belangrijk is dat in zowel het nulalternatief als de projectalternatieven is uitgegaan van isolatie tot schillabel B. Hoewel in de analyse is gecorrigeerd voor de lagere warmtevraag door betere isolatie, pakt deze aannahme relatief ongunstig uit voor warmtenetten. Voor aansluiting op een warmtenet volstaat in principe schillabel D, dan zouden de isolatiekosten circa € 1 miljard lager uitvallen. Het uitgangspunt van isoleren tot schillabel B verklaart mede waarom het warmtenet in deze studie minder positief uit de vergelijking komt dan in andere onderzoeken, waar wel met dit verschil in isolatie-eis rekening is gehouden. Een kanttekening hierbij is wel dat een minder goede isolatie zorgt voor een grotere warmtevraag van deze woningen en utiliteiten, en een lagere woningwaarde door het minder goede energielabel.

Daarnaast zijn bij het warmtenet de volledige ketenkosten expliciet gemodelleerd, inclusief investeringen in piek- en back-upcapaciteit en de geleidelijke verduurzaming daarvan. In het all-electric scenario zijn wel elektriciteitsprijzen en netverzwaring meegenomen, maar geen aanvullende investeringen in regelbaar vermogen, vanwege de grote onzekerheden en het systeembrede karakter daarvan. Dit leidt tot een methodologische asymmetrie in de vergelijking.

### **Warmtenetten besparen veel extra maatschappelijke kosten bij optreden van vertraging in de verzwaring van het elektriciteitsnet**

De hierboven beschreven resultaten gaan uit van een scenario waarin de investeringsplannen van netbeheerders tijdig worden gerealiseerd. In dat geval bedraagt het baten-kostensaldo van het regionale warmtenet ten opzichte van individuele warmtepompen circa € 126 miljoen positief. Daarbij is het belangrijk te benadrukken dat in de MKBA is uitgegaan van conservatieve aannames over netcongestie. Zo is netcongestie die volgens de huidige prognoses vanaf 2045 mogelijk zal optreden, is daarnaast niet gemonetariseerd.

In een gevoeligheidsanalyse is onderzocht wat het effect is van een vertraging van twee jaar in de tussen 2035 en 2040 geplande verzwaringen van het elektriciteitsnet. In dit scenario loopt het baten-kostensaldo van het regionale warmtenet op tot circa € 1,7 miljard positief,

waarbij de baten de kosten met 27% overstijgen. Voor de lokale warmtenetten is het baten-baten saldo circa € 1,1 miljard positief en overstijgen de baten de kosten met 17%.

Deze gevoeligheidsanalyse naar de timing van de netuitbreidingen is uitgevoerd om onzekerheden rondom de realisatie van netverzwaringen expliciet mee te nemen. Vertraging is niet onrealistisch. Netbeheerders wijzen namelijk op een zogenoemd *maakbaarheidsgat*, veroorzaakt door structurele tekorten aan technisch geschoold personeel, schaarste aan materialen en beperkte fysieke ruimte voor transformatorhuisjes en elektriciteitsstations.

Vertraging in de netuitbreiding leidt tot aanzienlijk hogere maatschappelijke kosten, doordat netcongestie langer aanhoudt - met name in een scenario waarin grootschalig wordt ingezet op individuele warmtepompen. Een regionaal warmtenet beperkt de extra belasting van het elektriciteitsnet, waardoor de maatschappelijke kosten van netcongestie afnemen. In een dergelijk scenario neemt de maatschappelijke meerwaarde van het regionale warmtenet dan ook substantieel toe. Indien de aanleg van het regionaal warmtenet vertraagt en meer warmtepompen worden gerealiseerd, nemen de maatschappelijke baten af.

Ook geldt dat, indien netverzwaring volledig en tijdig mogelijk zou zijn, dit maatschappelijk gezien altijd goedkoper is dan het accepteren van de maatschappelijke gevolgen van netcongestie. De huidige feitelijke situatie is echter dat het elektriciteitsnet in Holland Rijnland momenteel onvoldoende capaciteit heeft om alle aanvragen voor een netaansluiting te accommoderen, waardoor partijen op een wachtrij terechtkomen. In de praktijk blijkt tijdige en volledige netverzwaring om aan de groeiende vraag te voldoen moeilijk realiseerbaar en is het aannemelijk dat netcongestie zich ook in de toekomst zal blijven voordoen. Met name de mate en de duur van deze congestie zijn bepalend voor de maatschappelijke beoordeling van verschillende warmteopties. Keuzes die de druk op het elektriciteitsnet verlagen of minder hard laten groeien hebben dus grote maatschappelijke meerwaarde.

## 5. Conclusie

### **Tempo in de uitrol van warmtenetten is nodig om maatschappelijke meerwaarde te effectueren.**

Bovenstaande onderstreept dat de maatschappelijke kosten van netcongestie zeer groot kunnen zijn en in sterke mate bepalend voor de uitkomsten van deze MKBA. Daarbij gaat het minder om de huidige congestiesituatie en vooral om toekomstige congestiegolven. Volgens het Toekomstbeeld sluiten de eerste woningen en bedrijven vanaf 2029 aan op het warmtenet, waarna het warmtenet op korte termijn beperkt effect begint te sorteren. Conform de huidige investeringsplannen vinden in 2029 en 2030 netverzwaringen plaats en is de congestie (tijdelijk) verholpen. Uit de analyse blijkt dat de warmtenetalternatieven met name vanaf de middellange termijn (2030–2040) bijdragen aan het afremmen van de groei van de vraag naar elektriciteitstransportcapaciteit. Dit is van groot belang om een tweede congestiegolf, die rond 2036 wordt verwacht, te voorkomen of te beperken in duur en omvang. Het is daarbij wel noodzakelijk dat, om deze maatschappelijke meerwaarde te realiseren, tempo wordt gemaakt in de uitrol van warmtenetten en dat de participatiegraad hoog is.

### **Warmtenetten versterken de robuustheid van het energiesysteem en ontzorgen bewoners, maar brengen ook afhankelijkheden en complexiteit met zich mee.**

Aan de positieve kant dragen warmtenetten (regionaal én lokaal) bij aan een robuuster energiesysteem, doordat zij gebruikmaken van verschillende energiedragers en (lokale) warmtebronnen. Hierdoor neemt de energiezekerheid toe en de afhankelijkheid van elektriciteit en (internationale) energiemarkten af. Dit verkleint de kwetsbaarheid voor verstoringen en prijsvolatiliteit en draagt bij aan een stabielere energievoorziening op de lange termijn.

Warmtenetten bieden bovendien een belangrijke mate van ontzorging voor individuele huiseigenaren. Investerings, beheer en onderhoud worden grotendeels collectief georganiseerd, waardoor bewoners geen minder individuele investeringen hoeven te doen en

minder technische en financiële risico's dragen. Aansluiting op een warmtenet vereist geen isolatie tot energielabel B vooraf, waardoor bewoners isolatiemaatregelen flexibel en op een later moment kunnen uitvoeren, wat de overlast beperkt.

Zowel warmtenetten als individuele warmtepompen gaan gepaard met tijdelijke overlast tijdens de aanleg. Daarnaast kunnen individuele warmtepompen tijdens de gebruiksfase overlast veroorzaken door het geluid van buitenunits, wat mogelijk tot permanente hinder kan leiden.

Daartegenover staat dat warmtenetten voor bewoners een grotere afhankelijkheid met zich meebrengen van gemeenten en het warmtebedrijf. Bewoners hebben beperkt invloed op de gekozen planning, de tarieven en de eigendomsstructuur van de warmtevoorziening.

Bij regionale warmtenetten is daarnaast sprake van aanzienlijke organisatorische complexiteit in de ontwikkel- en realisatiefase, doordat intensieve afstemming nodig is tussen meerdere gemeenten en andere betrokken partijen. Onderlinge afhankelijkheden in planning, governance en investeringsbeslissingen vergroten daarbij het risico op vertragingen en onzekerheden. Deze complexiteit speelt bij lokale warmtenetten eveneens, maar doorgaans in mindere mate. Door de kleinere schaal en de grotere voorspelbaarheid van de warmtevraag zijn bron en afzet vaak beter op elkaar afgestemd. Bovendien zijn minder bestuurlijke partijen betrokken, wat de besluitvorming vereenvoudigt.



## Bijlage I – keuze voor de projectalternatieven

Zoals aangegeven in paragraaf [2.1 Afbakening](#), bouwt deze MKBA voort op het *Toekomstbeeld*, wat tot stand is gekomen in overeenstemming met de betrokken gemeenten. In het *Toekomstbeeld* zijn alle wijken meegenomen waarvoor gemeenten in hun Transitievisie Warmte (TVW, 2021) hebben aangegeven dat een middentemperatuur (MT) warmtenet een logische of mogelijke oplossing is, inclusief latere actualisaties door enkele gemeenten. Deze indicatie is grotendeels gebaseerd op de Startanalyse van het PBL, waarin per buurt wordt beoordeeld wat de technische oplossing is met de laagste nationale kosten. Uitzondering hierop is de Bollenstreek waar de Startanalyse geen rekening houdt met de potentie van geothermie in het gebied. De in deze analyse verkregen inzichten vormen het uitgangspunt voor de MKBA. Daarbij wordt middentemperatuurwarmte als standaardoplossing gehanteerd. In deze bijlage lichten we nader toe waarom hiervoor is gekozen en waarom andere warmteopties niet zijn meegenomen.

### Vergelijking met Startanalyse

Het Toekomstbeeld gaat voor de Collectieve Warmte Bollenstreek en Alphen aan den Rijn uit van meer aansluitingen op een MT net dan uit de Startanalyse volgt. Voor Warmte Leidse Regio gaat het Toekomstbeeld juist uit van minder aansluitingen ten opzicht van de Startanalyse. Voor Warmte Leidse Regio komt o.a. dit doordat de Startanalyse in het centrum van Leiden een warmtenet gebied is en in het Toekomstbeeld is dit niet meegenomen. Voor de Bollenstreek is het verschil met de Startanalyse groot, op dit moment wordt de Startanalyse voor dit sub-cluster herijkt, omdat in de huidige Startanalyse de potentie van geothermie niet is meegenomen. Het niet meewegen van een geschikte MT/HT warmtebron kan het beperkt aantal warmtenetten in de Startanalyse verklaren. Voor Alphen aan de Rijn is er ook een verschil te zien, waarbij met name de buitenwijken wel als mogelijk warmtenet worden aangeduid, maar niet in de Startanalyse zijn opgenomen en ook binnen de gemeente heeft geleid tot nieuwe inzichten. Belangrijker dan het vergelijk met de Startnotitie is dat het Toekomstbeeld een lange termijnvisie is van een regionaal verbonden warmtenet. Het is geen blauwdruk voor de aanpak voor de komende jaren, maar een perspectief. Het geeft zicht op wat er mogelijk kan zijn als gezamenlijk wordt ingezet op een regionaal verbonden

warmtenet, het benutten van regionale grootschalige warmtebronnen.

### Waarom middentemperatuur (MT)-warmtenetten voor projectalternatieven

De wijken die binnen de scope van dit MKBA onderzoek vallen, zijn wijken waarvoor uit eerdere studies is gebleken dat hoog- en middentemperatuurwarmtenetten (HT/MT) relatief kansrijk zijn. Dit is onder meer vanwege de beperkte mate van isolatie (relatief lage energielabels) en de relatief hoge bebouwingsdichtheid in deze wijken. Bij een warmtenet op middentemperatuur zijn minder ingrijpende isolatiemaatregelen noodzakelijk voordat woningen aan het warmtenet kunnen worden gekoppeld en van het aardgas kunnen worden afgekoppeld. Dit vergroot de uitvoerbaarheid en maakt een snellere opschaling van de warmtetransitie mogelijk.

Een regionaal verbonden warmtenet is bovendien kansrijk voor de regio doordat er meerdere grootschalige warmtebronnen beschikbaar (of voorzien) zijn die alleen rendabel kunnen worden ontsloten bij voldoende afzet. Met voldoende afzet wordt bedoeld dat er een voldoende groot en stabiel aantal aangesloten woningen en gebouwen is dat structureel warmte afneemt, waardoor investeringen in bronnen en infrastructuur economisch haalbaar worden. Regionale bronnen, zoals geothermie en regionale restwarmte (bijvoorbeeld via WarmtelinQ+), kunnen via transportleidingen worden gekoppeld aan de vraaggebieden.

### Waarom zeer-lagetemperatuur (ZLT)-warmtenetten niet zijn meegenomen

In veel van de wijken die binnen de scope van deze MKBA vallen, zijn zeer-lagetemperatuurwarmtenetten (ZLT-netten) niet de logische oplossing, het gaat hier juist om wijken die geschikt zijn voor warmtenetten met midden of hoge temperatuur. Mogelijk kunnen enkele wijken wel op zeer lage temperatuur worden aangesloten, verwachting is dat dit voor de meeste wijken niet leidt tot de laagste maatschappelijke kosten. Omdat zij een vergaande aanpassing van de gebouwde omgeving vereisen (hoge isolatiestandaard en lagetemperatuurafgiftesystemen, zoals vloerverwarming). Dit betekent dat woningen in veel

## Bijlage I – keuze voor de projectalternatieven

gevallen ingrijpend gerenoveerd moeten worden voordat aansluiting mogelijk is.

### **Waarom klimaatneutrale gassen niet zijn meegenomen**

Ook deze oplossing is niet als voorkeur opgenomen. Voor zowel groengas als waterstof geldt dat de toekomstige beschikbaarheid onzeker is. De verwachte productievolumes zijn beperkt en er bestaat concurrentie met andere sectoren, zoals de industrie en het zware transport. Vanuit energiesysteem denken moet deze vorm van hoogwaardige energie eerst hoogwaardig ingezet worden, bijvoorbeeld voor het balanceren van het energiesysteem en industrie en niet voor het verwarmen van gebouwen. Daarnaast zijn de kosten momenteel hoog en bestaat er aanzienlijke onzekerheid over de prijsontwikkeling op de lange termijn. Vanwege deze onzekerheden in beschikbaarheid, kosten en beleidskaders zijn klimaatneutrale gassen niet als projectalternatief meegenomen in deze MKBA.



## Bijlage II – Belangrijke aannames, kentallen en input variabelen

Scope warmtenet	Woningen	Kleinzakelijk	Grootverbruikers	Bron
Totaal aantal gebruikers in scope (#)	180.394	9.151	532	Toekomstbeeld regionaal warmtesysteem Holland Rijnland
Totaal aantal WEQ's in scope (#)	180.394	21.304	38.585	Toekomstbeeld regionaal warmtesysteem Holland Rijnland: 1 WEQ = 1 woning of 130 m <sup>2</sup> zakelijk
Participatiegraad (%)	80%	80%	50%	Toekomstbeeld regionaal warmtesysteem Holland Rijnland
Gemiddeld warmtevraag in 2030 (GJ/aansluiting/jaar)	30	82	2033	Toekomstbeeld regionaal warmtesysteem Holland Rijnland
Totale warmtevraag van warmtenet (GJ/jaar)	4.321.068	599.954	540.805	Toekomstbeeld regionaal warmtesysteem Holland Rijnland

Eigenschappen warmtenet	Woningen	Kleinzakelijk	Grootverbruikers	Bron
Enmalige in pandige kosten voor aanleggen warmtenet (€/aansluiting)	5.785	5.785	5.785	<a href="https://www.nplw.nl/warmtenet/warmtetechnieken/warmteaan-sluitingen-gestapelde-bouw#keuzemodel-bestaande-bouw-aansluiten">https://www.nplw.nl/warmtenet/warmtetechnieken/warmteaan-sluitingen-gestapelde-bouw#keuzemodel-bestaande-bouw-aansluiten</a>
In pandig ruimtegebruik afleverset (m <sup>2</sup> )*	0,12	0,12	1,81	<a href="https://www.commissiener.nl/projectdocumenten/015574_385_4_Bijlage_Datarapport_Beleidsnota_Warmte.pdf">https://www.commissiener.nl/projectdocumenten/015574_385_4_Bijlage_Datarapport_Beleidsnota_Warmte.pdf</a> , p. 30
Administratie, beheer en overhead warmtenet (€ / aansluiting / jaar)	175	175	175	Toekomstbeeld regionaal warmtesysteem Holland Rijnland

Levensduur en onderhoud assets warmtenet	Levensduur (# jaar)	Aandeel herinvestering (% investeringskosten)	Beheer en onderhoud (% van CapEx)	Bron
Bronnen warmtenet (regionaal / lokaal)	20 jaar / 15 jaar	70%	5% / 4%	Toekomstbeeld regionaal warmtesysteem Holland Rijnland
Piek en backup warmtenet	15 jaar	100%	2%	Toekomstbeeld regionaal warmtesysteem Holland Rijnland
Ondergrondse infra warmtenet	50 jaar	25%	1%	Toekomstbeeld regionaal warmtesysteem Holland Rijnland
Bovengrondse infra warmtenet	15 jaar	70%	1,5%	Toekomstbeeld regionaal warmtesysteem Holland Rijnland
Aansluitleidingen warmtenet	50 jaar	25%	1%	Toekomstbeeld regionaal warmtesysteem Holland Rijnland
Afleversets warmtenet	15 jaar	75%	2%	Toekomstbeeld regionaal warmtesysteem Holland Rijnland

\* De parameters van de kleinzakelijke gebruikers zijn gelijk aan die van woningen. Parameters voor grootverbruikers zijn geschaald met het benodigd vermogen van de warmte-oplossing wat grootverbruikers nodig hebben. Dit is ongeveer 15 keer groter dan dat van kleinverbruikers, zo blijkt uit het Toekomstbeeld.

## Bijlage II – Belangrijke aannames, kentallen en input variabelen

Eigenschappen warmtepomp	Woningen	Kleinzakelijk	Grootverbruikers	Bron
<b>COP warmtepomp</b>	3,6	3,6	3,6	Toekomstbeeld regionaal warmtesysteem Holland Rijnland
<b>Ruimtegebruik warmtepomp + buffervat (m<sup>2</sup>)*</b>	0,85	0,85	12,79	Warmtepomp woning: <a href="https://www.040warmtepomp.nl/hoegroot-is-een-warmtepomp/">https://www.040warmtepomp.nl/hoegroot-is-een-warmtepomp/</a> Buffer: <a href="https://www.verbeterjehuis.nl/eigen-huis/verwarmen-en-koelen/volledig-elektrische-warmtepomp">https://www.verbeterjehuis.nl/eigen-huis/verwarmen-en-koelen/volledig-elektrische-warmtepomp</a>
<b>Levensduur warmtepomp (jaar)</b>	15	15	15	<a href="#">PBL (2025) - Verdieping op de actualisatie van de startanalyse</a>
<b>Enmalige in pandige kosten warmtepomp (€)*</b>	1.739	1.739	26.176	<a href="#">PBL (2025) - Verdieping op de actualisatie van de startanalyse</a>
<b>Herinvesteringen warmtepomp na levensduur (%)</b>	100%	100%	100%	Einde levensduur wordt de gehele warmtepomp vervangen
<b>Investeringskosten warmtepomp met buffer (€/gebruiker)*</b>	12.000	12.000	180.600	Warmtepomp woning: Buiten klank & Nuna - Handreiking netbewuste nieuwbouw buffer: <a href="https://hoomie.online/academy/buffervat-warmtepomp">https://hoomie.online/academy/buffervat-warmtepomp</a>

Opslagen	Warmtenetten	Warmtepompen	Netinfrastructuur	Bron
<b>Post projectmanagement en engineering (%)</b>	10%	0%	10%	Rebel (2025), Portfoliomodel Nationale deelneming warmte
<b>Post onvoorzien (%)</b>	10%	10%	10%	Eigen aanname
<b>Post DevEx (%)</b>	5%	0%	5%	Rebel (2025), Portfoliomodel Nationale deelneming warmte

Efficiënte CO <sub>2</sub> -prijzen (€ <sub>2026</sub> ) per WLO-scenario	2025	2040	2050	2060	
<b>Hoog / Snel (€ / ton CO<sub>2</sub>)</b>	147	222	293	387	<a href="#">CPB &amp; PBL (2025), WLO 2025: update efficiënte CO<sub>2</sub>-prijzen per 2026</a>
<b>Hoog / Vertraagd (€ / ton CO<sub>2</sub>)</b>	118	178	235	309	
<b>Laag / Snel (€ / ton CO<sub>2</sub>)</b>	344	522	688	906	
<b>Laag / Vertraagd (€ / ton CO<sub>2</sub>)</b>	128	194	255	336	

\* De parameters van de kleinzakelijke gebruikers zijn gelijk aan die van woningen. Parameters voor grootverbruikers zijn geschaald met het benodigd vermogen van de warmte-oplossing wat grootverbruikers nodig hebben. Dit is ongeveer 15 keer groter dan dat van kleinverbruikers, zo blijkt uit het Toekomstbeeld.

## Bijlage II – Belangrijke aannames, kentallen en input variabelen

Asset	Alternatief grondgebruik	Bron
Grondgebruik bronnen (regionaal warmtenet / lokale warmtenetten)	gemiddelde grond / bouwgrond	Eigen aanname
Grondgebruik piek- en backup	bouwgrond	Eigen aanname
Grondgebruik ondergrondse infra	geen	Eigen aanname
Grondgebruik bovengrondse infra	bouwgrond	Eigen aanname
Grondgebruik aansluitleidingen	geen	Eigen aanname
Grondgebruik afleversets	woonruimte	Eigen aanname
Grondgebruik warmtepomp woningen	woonruimte	Eigen aanname
Grondgebruik warmtepomp kleinzakelijk	kantoorruimte	Eigen aanname
Grondgebruik warmtepomp grootverbruiker	bedrijfsruimte	Eigen aanname

Type grond	Marktwaaarde grond	Bron
Gemiddelde marktwaaarde grond (€ / m <sup>2</sup> )	91	Gewogen gemiddelde van bouwgrond, bosgrond, agrarische grond
Marktwaaarde bouwgrond (€ / m <sup>2</sup> )	657	<a href="#">CBS (2025), Prijzen nieuwbouwkavels stegen verder door in 2024</a>
Marktwaaarde bosgrond (€ / m <sup>2</sup> )	2	<a href="#">Wageningen University &amp; Research, Ontwikkelingen op de Nederlandse agrarische grondmarkt 2012-2024</a>
Marktwaaarde agrarische grond (€ / m <sup>2</sup> )	10	<a href="#">Kadaster (2025), Kwartaalbericht agrarische grondmarkt 2025-1</a>
Waarde woonruimte in Holland Rijnland (€ / m <sup>2</sup> )	3.561	<a href="#">NVM (2025), Woningtransacties Q2 2025</a>
Percentage om van waarde gemiddelde woonruimte naar marginale woonruimte te komen (%)	68%	<a href="#">M. Celant (2023), The impact of density on residential property values: Evidence from Dutch 'VINEX'-locations, p. 27</a> <a href="#">C. de Bruyn (2024), Valuating the Dutch Ecosystem amenity service using hedonic house pricing, tabel A2</a>
Marktwaaarde kantoorruimte (€ / m <sup>2</sup> )	1.450	<a href="#">Heembouw (2019), Wat kost een kantoor op maat?</a>
Marktwaaarde bedrijfsruimte (€ / m <sup>2</sup> )	538	<a href="#">Heembouw (2024), wat kost een bedrijfspand? Concreet antwoord én 5 factoren die deze prijs bepalen</a>

## Bijlage II – Belangrijke aannames, kentallen en input variabelen

Energieprijzen en CO <sub>2</sub> -uitstoot energie	2025	2030	2035	Bron
Groothandelsprijs elektriciteit (€ / MWh)	81	65	62	<a href="#">KEV 2024, tabellenbijlage tabel 9a</a>
Overhead elektriciteit (€ / MWh)	2	2	2	<a href="#">PBL (2025) - Verdieping op de actualisatie van de startanalyse</a>
Groothandelsprijs gas (€ / m <sup>3</sup> )	0,28	0,23	0,23	<a href="#">KEV 2024, tabellenbijlage tabel 9a</a>
Groen gasprijs (€ / m <sup>3</sup> )	1	1	1	<a href="#">PBL (2025) - Verdieping op de actualisatie van de startanalyse</a>
Overhead gas (€ / m <sup>3</sup> )	0,2	0,2	0,2	<a href="#">PBL (2025) - Verdieping op de actualisatie van de startanalyse</a>
Warmtetarief (% van groothandelsprijs gas)	70%	70%	70%	Uitgangspunt voor SDE++ subsidie
CO <sub>2</sub> -uitstoot elektriciteit (kg CO <sub>2</sub> / kWh)	0,19	0,10	0,07	<a href="#">KEV 2024, tabellenbijlage tabel 27a</a>
CO <sub>2</sub> -uitstoot grijs gas (kg CO <sub>2</sub> / m <sup>3</sup> )	2,13	2,13	2,13	<a href="#">CO<sub>2</sub>-emissiefactoren - Aardgas</a>
CO <sub>2</sub> -uitstoot groen gas (kg CO <sub>2</sub> / m <sup>3</sup> )	0,723	0,723	0,723	<a href="#">CO<sub>2</sub>-emissiefactoren – Groen gas (gemiddeld)</a>

Overige inputs	Waarde	Bron
Gemiddelde maatschappelijke kosten netcongestie - Conventionele bedrijvigheid (€ / MWh)	1.859	<a href="#">Ecorys (2025), De netto maatschappelijke kostprijs van netcongestie</a>
Discontovoet regulier eerste 35 jaar (% per jaar)	2,80 %	<a href="#">Werkgroep discontovoet 2025 (2025), Rapport Werkgroep discontovoet 2025</a>
Discontovoet regulier na 35 jaar (% per jaar)	1,80 %	
Discontovoet verzonken kosten eerste 35 jaar (% per jaar)	2,20 %	
Discontovoet verzonken kosten na 35 jaar (% per jaar)	1,40 %	
Discontovoet niet-lineaire baten eerste 35 jaar (% per jaar)	4,20 %	
Discontovoet niet-lineaire baten na 35 jaar (% per jaar)	2,70 %	

# LET'S TALK



*Floris van der Veen*  
+31 6 81 61 81 58  
Floris.vanderveen@rebelgroup.com



*Dexter Voskamp*  
+31 6 39 57 03 09  
Dexter.voskamp@rebelgroup.com

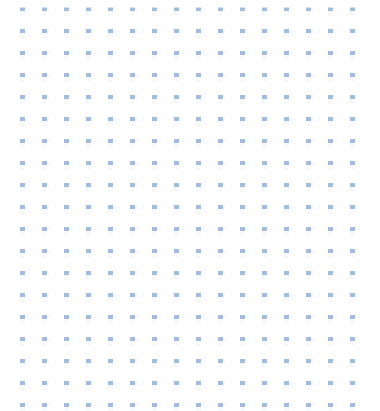


*Tara van Bussel*  
+31 6 57 15 76 58  
Tara.vanbussel@rebelgroup.com



# NO CHANGE WITHOUT A REBEL

Rebels in strategy & finance



## RebelGroup B.V.

Wijnhaven 23  
3011 WH Rotterdam  
The Netherlands

+31 10 275 59 95  
info@rebelgroup.com  
www.rebelgroup.com

# *Bedankt!*

**NO  
CHANGE  
WITHOUT  
A REBEL**

Rebels in strategy & finance



**RebelGroup B.V.**

Wijnhaven 23  
3011 WH Rotterdam  
Nederland

+31 10 275 59 90  
info@rebelgroup.com  
www.rebelgroup.com

*Rebels overal ter wereld*

<b>Rotterdam</b>	<b>Düsseldorf</b>	<b>Antwerpen</b>	<b>Toronto</b>	<b>Nairobi</b>
<b>Londen</b>	<b>Washington DC</b>	<b>San Francisco</b>	<b>Johannesburg</b>	<b>Dubai</b>

