

# Nationale Kostenanalyse WarmtelinQ

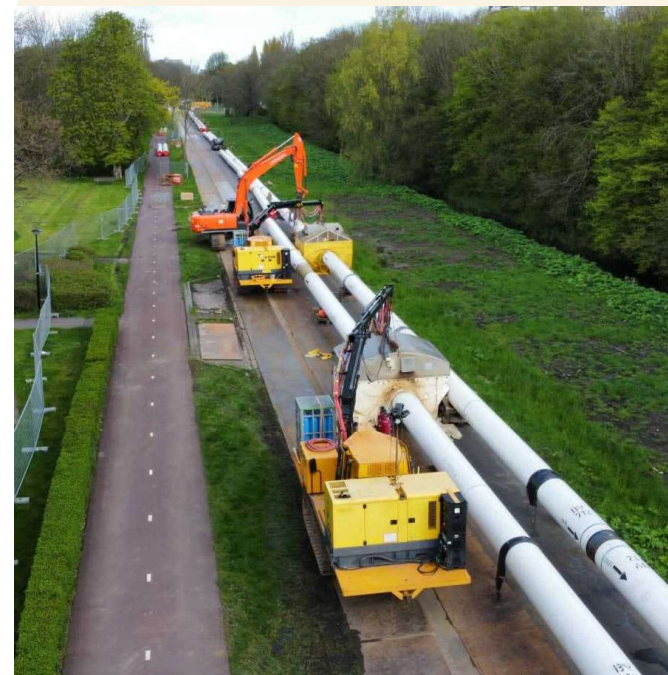
## *WarmtelinQ*

BL1712-RHD-XX-XX-PP-X-0001

**Project related**

XXXXXXXXXXXXXXXXXX en XXXXXXXXXXXX

2 juli 2026



# Rapport informatie

Document titel: **Nationale kostenanalyse WarmtelinQ**

Referentie: BL1712

Revisie: Definitief

Datum: 02 – 07 – 2026

Auteur(s): xxxxx & xxxx

Opgesteld: xxxxxx & xxxxxx

Gecontroleerd: xxxxxxxx

Datum / initialen: 02 – 07 – 2026

Goedgekeurd: xxxxxx

Datum / initialen: 02 – 07 – 2026

## Haskoning Nederland BV

Laan 1914 no 35  
3818 EX Amersfoort  
Postbus 1132  
3800 BC Amersfoort

Telefoon: + 31 (0)88 348 20 00  
Email: [info@haskoning.com](mailto:info@haskoning.com)  
Website: [www.haskoning.com](http://www.haskoning.com)

### **Disclaimer**

*No part of these specifications/printed matter may be reproduced and/or published by print, photocopy, microfilm or by any other means, without the prior written permission of Haskoning Nederland B.V.; nor may they be used, without such permission, for any purposes other than that for which they were produced. Haskoning Nederland B.V. accepts no responsibility or liability for these specifications/printed matter to any party other than the persons by whom it was commissioned and as concluded under that Appointment. The quality management system of Haskoning Nederland B.V. has been certified in accordance with ISO 9001, ISO 14001 and OHSAS 18001.*

## **Management Samenvatting**

## Conclusie

*WarmtelinQ heeft de laagste nationale kosten, all-electric scenario's vereisen de grootste investeringen en hybride scenario's kennen de grootste gevoeligheid voor energieprijzontwikkelingen*

### WarmtelinQ scoort het best op totale nationale kosten (TOTEX)

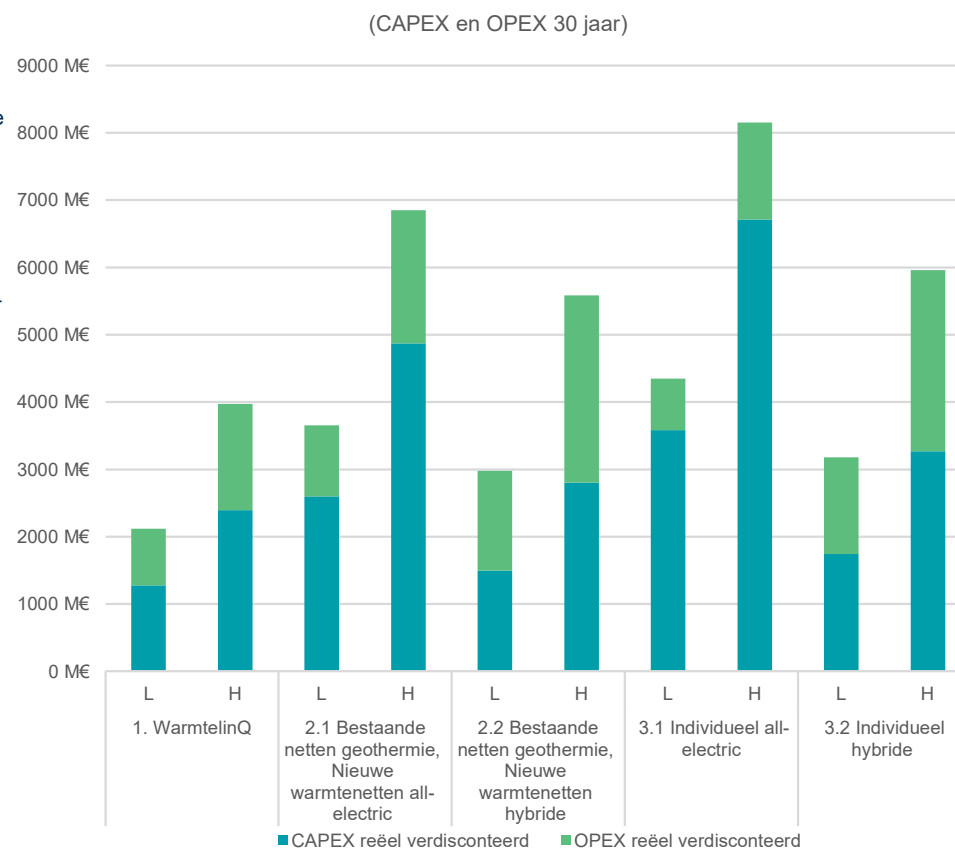
- WarmtelinQ heeft in zowel de lage als hoge variant de laagste TOTEX van de onderzochte scenario's.
- Dit voordeel wordt vooral gedreven door benutting van bestaande infrastructuur en relatief goedkope rest- en aftapwarmte.
- All-electric is het duurst door hoge investeringen in woningaanpassingen, warmtepompen en elektriciteitsnet; geothermie en hybride zitten in de middenmoot.

### De kostenuitkomst hangt sterk samen met systeemeffecten

- WarmtelinQ heeft een beperkte netimpact en vraagt beperkte capaciteit van het elektriciteitsnet voor warmte.
- All-electric leidt tot de grootste netverzwaring en extra behoefte aan regelbaar vermogen; hybride beperkt dit, maar blijft deels afhankelijk van gas.
- Collectieve warmte benut laagwaardige warmte en spaart elektriciteit en groengas voor toepassingen waar die schaarse energiedragers meer waarde hebben.

### Nationale kosten alleen zijn niet voldoende voor besluitvorming.

- Beschikbaarheid en prijsontwikkeling van groengas zijn onzeker, wat de hybride scenario's gevoelig maakt voor variaties in de OPEX. Vanwege de relatief hoge investeringskosten, geldt hetzelfde voor de all-electric scenario's m.b.t. variaties in CAPEX.
- De uiteindelijke keuze vraagt ook een afweging van faseerbaarheid, ruimtelijke inpasbaarheid en sociaal-economische effecten.
- WarmtelinQ biedt een sterke collectieve basis, maar in de warmtetransitie zullen meerdere oplossingen naast elkaar nodig blijven.



# Conclusie

## Analyse van kwalitatieve aspecten per scenario naast de nationale kosten

### Kleurduiding kwalitatieve aspecten

Neutraal: Dit aspect biedt geen duidelijk relatief voor- of nadeel voor dit scenario

Positief: Dit aspect biedt een duidelijk voordeel voor dit scenario

Negatief: Dit aspect biedt een duidelijk nadeel voor dit scenario

	1. WarmtelinQ	2.1 Geothermie & All-electric	2.2 Geothermie & Hybride	3.1 Individueel All-electric	3.2 Individueel Hybride
<b>Nationale kosten</b>	Laagste nationale kosten	Gemiddelde tot hoge nationale kosten	Gemiddelde nationale kosten	Hoge nationale kosten	Gemiddelde nationale kosten
<b>Netimpact</b>	WLQ heeft een zeer beperkte impact op het elektriciteitsnet en legt dus geen extra claim op schaarse aansluitcapaciteit.	Relatief hoge netimpact voor geothermie voor levering aan bestaande netten door benodigde hoge aanvoertemperatuur. Vooral het all-electric deel heeft een grote netimpact, en gebruikt schaarse netcapaciteit gedurende de congestie periode in de regio, dit kan resulteren in economische schade.	Relatief hoge netimpact voor geothermie voor levering aan bestaande netten door benodigde hoge aanvoertemperatuur, lage netimpact voor hybride warmtepompen, overstap naar all-electric vraagt in de toekomst extra netverzwaring.	Hoge netimpact, extra netverzwaringen regelbaar vermogen nodig. Wanneer dit tijdens de periode van netcongestie wordt uitgevoerd kan het zorgen voor economische schade omdat het schaarse netcapaciteit gebruikt.	Lage netimpact voor hybride warmtepompen. Overstap naar all-electric vraagt in de toekomst extra netverzwaring.
<b>Gebruik hoogwaardige energie</b>	De gebruikte warmte is kwalitatief laagwaardig. Inzet in de gebouwde omgeving behoudt elektriciteit en (groen)gas voor hoogwaardige toepassingen. Relatief weinig groengasvraag doordat WLQ 90% van warmtevraag kan leveren op jaarbasis.	Relatief weinig groengasvraag doordat geothermie 90% van warmtevraag kan leveren op jaar basis. Gebruik van groengas is alleen wenselijk indien zoveel mogelijk warmte uit de basislast warmtebron wordt geleverd.	Relatief veel gebruik van groengas voor laagwaardige warmte productie. In het hybride warmtepomp scenario is nog 35% groengasvraag aanwezig.	Optimaal gebruik van lokaal geproduceerde elektriciteit in buurt en thuisbatterijen en slimme sturing van warmtepompen voor warm tapwater productie.	Relatief veel gebruik van groengas voor laagwaardige warmte productie. In het hybride warmtepomp scenario is nog 35% groengasvraag aanwezig.
<b>Faseerbaarheid</b>	WarmtelinQ heeft warmtetransport capaciteit klaar staan om uit te breiden naar 248 MWth en biedt dus direct duurzame transportcapaciteit voor nieuwe en bestaande warmtenetten. De aanleg van nieuwe netten in de bestaande bouw zal een lange doorlooptijd hebben van 10 tallen jaren.	De ontwikkeling van geothermie kent een langdurig vergunningsproces. Daarnaast is er zowel in de aanleg- als exploitatiefase een relatief grote netaansluiting vereist, die door netcongestie op korte termijn niet beschikbaar is.	De ontwikkeling van geothermie kent een langdurig vergunningsproces. Daarnaast is er zowel in de aanleg- als exploitatiefase een relatief grote netaansluiting vereist, die door netcongestie op korte termijn niet beschikbaar is.	Overstap naar all-electric in de wijken waar collectieve warmte logischer is zal voor een klein deel van de woningen faseerbaar/schaalbaar zijn in de komende 15-25 jaar.	Verplichting installatie hybride warmtepompen geeft stimulans bij vervanging CV ketel. Door gemiddelde levensduur CV ketel van 15 jaar is een overstap in 15-25 jaar mogelijk.
<b>Ruimtelijke inpasbaarheid</b>	Aanleg van nieuwe warmtenetten heeft een grote impact op de openbare ruimte in de aanlegfase. Warmteoverdrachtstations vragen daarnaast een permanente ruimtevraag.	Geothermie boorlocaties moeten binnenstedelijk worden gevonden, vergunningen kunnen ingewikkeld worden door ruimtelijke milieu eisen zoals geluid. Buitenunit van de warmtepomp produceert geluid, waardoor deze in dichtbebouwde omgeving moeizaam inpasbaar kan zijn.	Geothermie boorlocaties moeten binnenstedelijk worden gevonden, vergunningen kunnen ingewikkeld worden door ruimtelijke milieu eisen zoals geluid.	Ruimte vraag voor trafohuisjes in de wijk door netverzwaring. Aanleg van extra elektrakabels heeft veel minder impact op de ondergrond dan warmtedistributie. Wel is de impact op ruimte in en om de woning groot, door boilervat en buitenunit. Buitenunit produceert geluid, kan in dichtbebouwde omgeving moeizaam inpasbaar zijn.	Hybride warmtepompen vragen om minder trafohuisjes i.v.m. all-electric, echter vraagt de productie van groengas om veel ruimte buiten bebouwde omgeving. Ook is het ruimtegebruik in de woning zeer beperkt. Buitenunit van de warmtepomp produceert geluid, waardoor deze in dichtbebouwde omgeving moeizaam inpasbaar kan zijn.
<b>Beschikbaarheid groengas</b>	Beperkte inzet groengas. Groengas blijft schaars en de beschikbaarheid groeit niet snel genoeg. Hoewel de gebouwde omgeving, bijvoorbeeld voor pieklast, een mogelijke afnemende sector is, staat de verdeling over sectoren nog niet vast.	Beperkte inzet groengas in bestaande netten. Groengas blijft schaars en de beschikbaarheid groeit niet snel genoeg. Hoewel de gebouwde omgeving, bijvoorbeeld voor pieklast, een mogelijke afnemende sector is, staat de verdeling over sectoren nog niet vast.	Groengas blijft schaars en de beschikbaarheid groeit niet snel genoeg. Hoewel de gebouwde omgeving, bijvoorbeeld voor pieklast, een mogelijke afnemende sector is, staat de verdeling over sectoren nog niet vast.	Geen inzet groengas	Groengas blijft schaars en de beschikbaarheid groeit niet snel genoeg. Hoewel de gebouwde omgeving, bijvoorbeeld voor pieklast, een mogelijke afnemende sector is, staat de verdeling over sectoren nog niet vast.
<b>Sociaal-economisch</b>	Kosten warmtenet nog niet gesocialiseerd, zoals bij het elektriciteitsnet. Eindgebruikerskosten weerspiegelen nationale kosten onvoldoende. Draagvlak aangetast. Volloopriscio is groot.	Kosten warmtenet nog niet gesocialiseerd, zoals bij het elektriciteitsnet. Eindgebruikerskosten weerspiegelen nationale kosten onvoldoende. Draagvlak aangetast. Volloopriscio is groot.	Kosten warmtenet nog niet gesocialiseerd, zoals bij het elektriciteitsnet. Eindgebruikerskosten weerspiegelen nationale kosten onvoldoende. Draagvlak aangetast. Volloopriscio is groot.	Initiële investering in isolatie, warmtepomp en afgiftesysteem is belemmering voor lagere inkomens.	Initiële investering warmtepomp is lager dan bij all-electric, evenals isolatiemaatregelen. Afgiftesysteem hoeft niet te worden aangepast.

# Inhoud rapport

---

1	Introductie	<a href="#">Pag. 4</a>
2	Scenarioanalyse	<a href="#">Pag. 9</a>
3	Resultaten	<a href="#">Pag. 11</a>
4	Conclusie & Aanbevelingen	<a href="#">Pag. 15</a>

---

# Hoofdstuk 1

*Introductie en Methodiek*

# Nationale kostenanalyse WarmtelinQ

## WarmtelinQ: meest kosteneffectieve route voor grootschalige warmtevoorziening in de regio Den Haag en Leiden?

### De rol van WarmtelinQ in de verduurzamingsopgave

Nederland staat voor een ingrijpende verduurzamingsopgave in de gebouwde omgeving. In het Klimaatakkoord is afgesproken dat in 2050 de gebouwde omgeving aardgasvrij is. Om deze doelstelling te behalen, is grootschalige inzet van duurzame en collectieve warmtevoorziening noodzakelijk, met name in dichtbebouwde stedelijke gebieden waar individuele oplossingen minder efficiënt of kosteneffectief zijn.

Tegelijkertijd is in de Rotterdamse haven een aanzienlijke hoeveelheid industriële restwarmte beschikbaar<sup>1</sup>. Deze warmte komt vrij bij industriële processen en wordt momenteel grotendeels niet benut. Het transporteren van deze restwarmte naar omliggende steden biedt een kans om op grote schaal woningen en utiliteitsgebouwen te verduurzamen, met een substantiële reductie van CO<sub>2</sub>-uitstoot als gevolg.

WarmtelinQ is ontwikkeld om deze koppeling mogelijk te maken. De leiding vormt een regionale warmtetransportinfrastructuur tussen de Rotterdamse haven en stedelijke gebieden zoals Vlaardingen, Schiedam, Delft, Rijswijk, Den Haag en Leiden. Door deze steden aan te sluiten op een gezamenlijke warmtebron ontstaat een robuust en toekomstbestendig warmtesysteem dat schaalvoordelen benut en leveringszekerheid vergroot.

Daarnaast maakt WarmtelinQ het mogelijk om bestaande en nieuwe warmtenetten te verduurzamen, uit te breiden en onderling te verbinden. Daarmee fungeert de leiding als ruggengraat van een regionaal warmtesysteem, waarin in de toekomst ook andere duurzame bronnen, zoals geothermie, kunnen worden geïntegreerd.

<sup>1</sup> In de studie *Collectieve warmtevoorziening RES Rotterdam Den Haag, verdieping en verkenning met scenario's (2021) in opdracht van Invest NL en EBN, uitgevoerd door RHDHV, wordt ca 31 PJ in 2030 en 46 PJ in 2050 aan potentiële restwarmte benoemd.*



Warmteleidingen tussen Delft en Vlaardingen  
Bron: WarmtelinQ / fotografie Vincent Basler

WarmtelinQ draagt zo bij aan de regionale en nationale klimaatdoelstellingen, vermindert de afhankelijkheid van aardgas en ondersteunt gemeenten bij de uitvoering van hun transitievisies warmte. De leiding vormt een essentiële schakel in de transitie naar een betaalbaar, betrouwbaar en duurzaam energiesysteem voor inwoners en bedrijven in Zuid-Holland.

### Waarom herbeoordeling nodig is

De warmtetransitie kan echter op verschillende manieren worden ingevuld. Verschillende onderzoeken tonen aan dat collectieve warmtenetten lage nationale kosten kunnen hebben, maar de uitkomst blijft afhankelijk van de specifieke situatie. In de regio Rotterdam, Den Haag en Leiden is gekozen voor een bovenregionale collectieve warmteoplossing.

Om draagvlak bij bewoners en overheid te behouden en te vergroten, is het zinvol de vraag te blijven stellen of deze route vanuit nationaal kostenperspectief nog steeds de meest aantrekkelijke optie is voor de verduurzaming van de gebouwde omgeving.

### Centrale onderzoeksvraag

Tegen deze achtergrond is de centrale vraag van dit onderzoek:

### **Welke warmteoplossing leidt tot de laagste nationale kosten (NK) voor verduurzaming richting 2050?**

### Nationale Kostenanalyse

De doelstelling van de voorliggende nationale kostenanalyse is om te beoordelen of WarmtelinQ maatschappelijk gezien nog steeds een logische en verantwoorde volgende stap is in de ontwikkeling van de regionale backbone. In deze studie wordt daarom WarmtelinQ vergeleken met alternatieven zoals lokale geothermie en (hybride) warmtepompen. Hierbij worden relevante investeringen, waaronder netverzwaring, woningaanpassingen en de verduurzaming van piekvoorzieningen, zorgvuldig meegenomen.

Deze analyse geeft een objectieve vergelijking voor de verduurzaming van circa 120.000 \*WEQ's in de regio Rotterdam, Den Haag en Leiden zodat de warmtestrategie in de regio vanuit nationale kosten perspectief verder onderbouwd kan worden.

<sup>\*</sup>1 WEQ is een woningequivalent, de gemiddelde warmtevraag van 1 woning. Het aantal WEQ's is bepaald op basis van 2,1 kWh basislast per WEQ en 248 MWh aan warmteaanbod. Het is een inschatting, het daadwerkelijke aantal woningen hangt af van hoe gebruikers de geboekte capaciteit inzetten.

# Nationale kostenanalyse WarmtelinQ

*WarmtelinQ verbindt bestaande netten en versnelt regionale opschaling van nieuwe warmtenetten*

## Aansluiting van bestaande warmtenetten in Den Haag en Leiden op WarmtelinQ

De bestaande warmtenetten in Den Haag en Leiden spelen een belangrijke rol in de verduurzaming van de gebouwde omgeving. Door deze netten aan te sluiten op WarmtelinQ wordt een belangrijke volgende stap gezet in de verdere verduurzaming en opschaling van duurzame warmtevoorziening in de regio.

Door de integratie met WarmtelinQ worden de warmtenetten in Den Haag en Leiden onderdeel van een groter, samenhangend energiesysteem. Dit draagt bij aan de regionale klimaatdoelstellingen en ondersteunt de transitie naar een duurzaam, betaalbaar en betrouwbaar warmtesysteem voor bewoners en bedrijven.

## Volloop WarmtelinQ door ontwikkeling van nieuwe warmtenetten

Naast de bestaande warmtenetten wordt WarmtelinQ gerealiseerd om nieuwe netten te voorzien van duurzame basislastwarmte. Op basis van de startanalyse zijn verschillende wijken geselecteerd waar collectieve warmtevoorziening met restwarmte de meest gunstige optie blijkt. WarmtelinQ heeft een totale basislastcapaciteit van circa 248 MWth. Hiervan is 115 MWth al gecontracteerd voor bestaande warmtenetten, goed voor circa 56.000 WEQ.

De resterende 133 MWth is beschikbaar voor de aansluiting van nieuwe warmtenetten, wat neerkomt op circa 64.000 WEQ. De selectie van nieuwe wijken is gestart vanuit de bestaande warmtenetaansluitingen. Eerst zijn wijken met een bestaand warmtenet verder uitgebreid ('aangesloten'), waarna de resterende capaciteit is verdeeld over nieuwe wijken met de voorkeursmethode S2D (restwarmte), zoals bepaald in de Startanalyse. De uiteindelijke wijkselectie wordt nader toegelicht in bijlage A: Scenario onderbouwing & gebiedsafbakening.

## Scenarioanalyse

De gebiedsafbakening vormt de basis voor de scenarioanalyse. In deze nationale kostenanalyse zijn de volgende scenario's meegenomen

- 1.1 WarmtelinQ voor bestaande warmtenet aansluitingen en nieuwe WEQ's
- 2.1 Geothermie als alternatief voor WarmtelinQ voor bestaande warmtenetten en all-electric warmtepomp voor nieuwe WEQ's
- 2.2 Geothermie als alternatief voor WarmtelinQ voor bestaande warmtenetten en hybride warmtepomp voor nieuwe WEQ's
- 3.1 All-electric warmtepomp voor bestaande warmtenet aansluitingen en nieuwe WEQ's
- 3.2 Hybride warmtepomp voor bestaande warmtenet aansluitingen en nieuwe WEQ's



Systemkaart van WarmtelinQ

# Nationale kostenanalyse WarmtelinQ

*In de afgelopen jaren zijn al veel onderzoeken uitgevoerd naar de positie van warmtenetten in de warmtetransitie*



## Nationale kosten van warmte voor woningen – Common Futures

- Uit onze gevoeligheidsanalyses blijkt dat voor veel buurten de nationale kosten van verschillende warmteoplossingen dicht bij elkaar liggen.
- Voor de elektrische warmtepomp is het van belang om de piekvraag (en regelbaar vermogen) te adresseren in verband met de impact op het elektriciteitssysteem.
- In gebieden waar warmtenetten een robuuste keuze vormen vanuit het oogpunt van nationale kosten zou overwogen kunnen worden om warmtepompen niet te subsidiëren.
- Voor grootschalige toepassing van hybride warmtepompen is het van belang om duidelijke keuzes maken ten aanzien van structurele import van groen gas.



## De keuze voor warmtenetten of andere warmteoplossingen- NVDE/Berenschot

- Warmtenetten voor dichtbevolkte wijken dertig procent goedkoper dan warmtepompen.
- Financiële voordeel komt momenteel niet bij huishoudens terecht. "...weeffout in het systeem"
- Elektriciteitsnet door een warmtenet significant minder zwaar belast.



## Het effect van het stagneren van de groei van warmtenetten- CE DELFT

- Warmtenetten spelen een belangrijke rol bij het behalen van de CO2-reductiedoelstellingen voor 2030 en 2050.
- Het niet realiseren van de beoogde warmtenetten leidt in 2040 tot een stijging van jaarlijkse nationale kosten met 16% (€ 160 miljoen extra).



## Scenario-analyse Leidse warmteopgave Liander

- In het Minimale Warmtescenario komt er geen nieuwe warmtelevering in de regio Leiden. Elektriciteits-onderstation en -substations zullen, ondanks de reeds ingeplande verzwaringen, in 2035 al weer vol of bijna vol zijn. Hierbij is rekening gehouden met het Investeringsplan 2024 van Liander. In het Maximale Warmtescenario zullen alle genoemde stations, na de geplande uitbreidingen van het huidige investeringsprogramma, voldoende capaciteit hebben tot ongeveer 2050 (o.b.v. de huidige kennis en scenario's).



## Visie op de Leidse Energie opgave en de strategische beslissingen die voortvloeien in de komende 5-10 jaar.- Fakton

- Het aansluiten van WLQ+ zorgt voor een robuuste warmtebron in de beginfase van de transitie. Hierdoor is het mogelijk om snelheid te maken in het aardgasvrij maken van de gebouwde omgeving.



## Een koud bad voor warmtenetten. Tijd voor bijsturing in de warmtetransitie – alg. rekenkamer

- Minister van Klimaat en Groene Groei het risico loopt dat rijkssubsidies niet doelmatig worden ingezet.
- Een warmtenet is voor 1/3e van de gebouwde omgeving de warmteoplossing met de laagste nationale kosten. Maar de minister neemt de nationale kosten van warmteoplossingen niet mee in subsidies voor de infrastructuur van warmtenetten.

# Nationale kostenanalyse WarmtelinQ

## Methodiek nationale kosten

### Afbakening en methodiek van de nationale kostenanalyse

De nationale kostenanalyse is uitgevoerd conform de methodiek van de Startanalyse van PBL. Daarbij worden uitsluitend financiële en directe effecten meegenomen; van een maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA) is expliciet geen sprake. Binnen dit perspectief worden ETS-kosten voor CO<sub>2</sub>-rechten wel meegenomen, terwijl belastingen, subsidies en interne geldstromen buiten beschouwing blijven. De analyse richt zich uitsluitend op Nederlandse geldstromen. Autonome prijsontwikkelingen worden meegenomen, maar het effect van beleidsmaatregelen op prijsniveaus wordt niet gemodelleerd. Er wordt gerekend met een reële maatschappelijke discountvoet, die reeds is gecorrigeerd voor inflatie. Om dubbelrekening te voorkomen, worden alle kosten uitgedrukt in prijspeil 2025, zonder aanvullende indexatie.

### Analysetermijn en omgang met sunk costs

De analysetermijn van deze studie bevat een operationele periode van 30 jaar en loopt van 1 januari 2027 tot en met 31 december 2056, de FID en de start van de bouw zijn voorzien in 2026. Een belangrijk uitgangspunt van deze studie is dat investeringskosten die reeds vóór FID zijn gemaakt, in alle scenario's als sunk costs worden beschouwd. Het reeds gerealiseerde tracé van WarmtelinQ wordt daarom niet meegenomen in de kostenanalyse, evenals eerder gedane investeringen in het elektriciteitsnetwerk.

### Fasering van investeringen en vergelijkbaarheid tussen scenario's

Voor de fasering van investeringen is aangesloten bij een inschatting die door WarmtelinQ plausibel wordt geacht. Om een eerlijke vergelijking tussen technieken mogelijk te maken, volgen de overige scenario's dezelfde fasering, waarbij de focus ligt op de nationale kosten vanaf het moment dat een techniek wordt ingezet. Deze benadering sluit aan bij de PBL-methodiek, waarin fasering doorgaans geen rol speelt en investeringen impliciet op één moment worden verondersteld. Het hanteren van een realistische, scenario-specifieke fasering zou namelijk een vertekend beeld geven, omdat technieken die investeringen uitstellen en langer gebruikmaken van aardgas daardoor kunstmatig lagere nationale kosten laten zien. Hoewel de fasering voor WarmtelinQ plausibel wordt geacht, betekent het gelijktrekken van de fasering voor de andere scenario's dat deze voor die scenario's fictief is.

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

In alle scenario's wordt verondersteld dat de CO<sub>2</sub>-uitstoot in 2050 nul is. Tussen de scenario's bestaan wel verschillen in de cumulatieve uitstoot in de tussenliggende jaren, maar deze verschillen zijn relatief beperkt en niet doorslaggevend voor de vergelijking. De verschillen in CO<sub>2</sub>-emissies worden op basis van ETS 1- en ETS 2-emissiekosten meegenomen in de analyse.

### Invulling van de piekvraag

Voor de invulling van de piekvraag wordt in alle scenario's uitgegaan van een groengasmix. Daarbij wordt hetzelfde bijmengpad voor groen gas en aardgas gehanteerd, zodat de piekvoorziening consistent is tussen de scenario's en geen onderscheidende factor vormt in de analyse. Uitgangspunt is dat de aardgasmix in 2050 volledig is vervangen door groen gas.

### Gevoeligheidsanalyse

De resultaten worden weergegeven in een hoog- en laagscenario. Voor elk CAPEX- en OPEX-onderdeel is een onzekerheidsfactor toegepast om het hoog en laag scenario te bepalen. Deze factoren zijn opgenomen in bijlage B.

### Afschrijving en restwaarde

In de nationale kostenbenadering wordt afschrijving niet meegenomen, omdat dit een puur boekhoudkundige kostenpost is. Restwaarde speelt alleen een rol bij vroegtijdige vervanging, en daarvan is in de scenario's geen sprake.

Alle gehanteerde uitgangspunten zijn opgenomen in Bijlage B.

## Hoofdstuk 2

### *Scenarioanalyse*

## Scenario overzicht

*Voor een vergelijking op nationale kosten zijn een aantal scenario's opgesteld waarin de belangrijkste alternatieven voor WarmtelinQ zijn toegepast: geothermie, all-electric en hybride warmtepompen.*

### Scenario omschrijving

De gebiedsafbakening vormt de basis voor de scenarioanalyse. In deze nationale kostenanalyse zijn de volgende scenario's meegenomen

- 1. WarmtelinQ voor bestaande warmtenet aansluitingen en nieuwe WEQ's
- 2.1 Geothermie als alternatief voor WarmtelinQ voor bestaande warmtenetten en all-electric warmtepomp voor nieuwe WEQ's
- 2.2 Geothermie als alternatief voor WarmtelinQ voor bestaande warmtenetten en hybride warmtepomp voor nieuwe WEQ's
- 3.1 All-electric warmtepomp voor bestaande warmtenet aansluitingen en nieuwe WEQ's
- 3.2 Hybride warmtepomp voor bestaande warmtenet aansluitingen en nieuwe WEQ's

### Toelichting scenarioanalyse

De in deze nationale kostenanalyse doorgerekende scenario's zijn samengevat op de volgende slide. De overzichtsfiguur maakt zichtbaar dat de vergelijking is opgebouwd langs twee hoofdkeuzes: **collectieve versus individuele warmtevoorziening** en, binnen de individuele varianten, de keuze tussen **all-electric** en **hybride** oplossingen. Daarnaast laten de gemengde scenario's zien hoe bestaande warmtenetgebieden collectief kunnen worden bediend, terwijl voor nieuwe WEQ's een individuele techniek wordt ingezet. De scenariovergelijking is daarmee nadrukkelijk meer dan alleen een bronvergelijking; ook de gevolgen voor temperatuurniveau, distributie-infrastructuur en benodigde netverzwaring maken onderdeel uit van de analyse.

Als referentie is het scenario **1 WarmtelinQ** opgenomen. In dit scenario worden zowel bestaande als nieuwe WEQ's bediend via bestaande en nieuwe warmtenetten, met WarmtelinQ als basislastvoorziening (90%) en piekketels voor de pieklast (10%), waarbij de pieklevering in de tijd verduurzaamt met groengas. Daartegenover staan twee geothermievarianten. In zowel **Geothermie & All-electric** als **Geothermie & Hybride** worden de bestaande WEQ's op het warmtenet gevoed door geothermie als basislast (90%), aangevuld met piekketels (10%). Voor nieuwe WEQ's wordt in deze scenario's gekozen voor respectievelijk een **all-electric warmtepomp** of een **hybride warmtepomp met cv-ketel**. Tot slot zijn twee volledig individuele varianten doorgerekend: **Individueel All-electric** en **Individueel Hybride**, waarin zowel bestaande als nieuwe WEQ's worden bediend met een gebouwgebonden oplossing.

De overzichtsfiguur laat bovendien zien dat de scenario's niet alleen verschillen in warmtebron, maar ook in de daarvoor benodigde systeemaanpassingen. **WarmtelinQ** is direct toepasbaar in het warmtenet en vraagt in deze analyse geen aanvullende netverzwaring of extra regelbaar vermogen. De geothermievarianten vragen daarentegen om **temperatuuroopwaardering met warmtepompen** voor de bestaande netten, terwijl voor nieuwe WEQ's een elektriciteitsnet met aanvullende netcapaciteit nodig is. In de individuele scenario's verschuift de warmtevoorziening volledig naar gebouwgebonden warmtepompen, met bijbehorende verzwaring van het elektriciteitsnet. Daarmee verschillen de scenario's wezenlijk in infrastructuurbehoefte, regelbaar vermogen en uitvoerbaarheid.

Voor een zuivere vergelijking zijn alle scenario's doorgerekend met dezelfde uitgangspunten voor **warmtevraag en fasering** als WarmtelinQ. Dat betekent dat ook voor de alternatieven dezelfde ontwikkel- en uitrolfasering is aangehouden, hoewel die in de praktijk niet in alle gevallen realistisch of op korte termijn haalbaar hoeft te zijn. Voor de piekinstallatie is in alle scenario's uitgegaan van dezelfde **groengasmix** en hetzelfde **bijmengpad**. Daarnaast komen alle scenario's uit op **nul CO2-uitstoot in 2050**; de verschillen zitten daarmee vooral in de investeringsstructuur en operationele kosten evenals de cumulatieve emissies in de tussenliggende jaren.

De resultaten moeten daarom worden gelezen als een vergelijking van **nationale kosten onder uniforme aannames**. De analyse volgt de nationale-kostenmethodiek van PBL/CE Delft en waardeert CO2-kosten conform **EU ETS 1 en 2**. Indirecte effecten, belastingen, subsidies en andere bredere maatschappelijke effecten blijven buiten beschouwing. De scenarioanalyse biedt daarmee een robuust inzicht in nationale kostenverschillen tussen technieken, maar vormt op zichzelf geen volledige uitspraak over maatschappelijke wenselijkheid of praktische realiseerbaarheid.

In bijlage A worden de scenario's uitgebreid beschreven.

## Scenario overzicht

De scenario's in deze nationale kostenanalyse zijn in onderstaande tabel weergegeven

Scenario	1. WarmtelinQ	2.1 Geothermie & All-electric	2.2 Geothermie & Hybride	3.1 Individueel All-electric	3.2 Individueel Hybride
Warmte oplossing (% basislast/ pieklast warmtelevering)	<b>Bestaande &amp; nieuwe warmtenet WEQs;</b> WarmtelinQ (basislast 90%) & Piek-gasketels (pieklast 10%); verduurzaming met groengas  Basislast door 40% aftapwarmte, 60% restwarmte	<b>Bestaande warmtenet WEQs;</b> Geothermie (basislast 90%) & Piek-gasketels (pieklast 10%); verduurzaming met groengas  <b>Nieuwe warmtenet WEQs;</b> All-electric warmtepomp per WEQ	<b>Bestaande warmtenet WEQs;</b> Geothermie (basislast 90%) & Piek-gasketels (pieklast 10%); verduurzaming met groengas  <b>Nieuwe warmtenet WEQs;</b> Hybride warmtepomp (65%) & CV ketel (35%) per WEQ	<b>Bestaande &amp; nieuwe warmtenetten WEQs</b> All-electric warmtepomp per WEQ (100%)	<b>Bestaande &amp; nieuwe warmtenetten WEQs</b> Hybride warmtepomp (65%) & CV ketel (35%) per WEQ
Aantal aansluitingen / warmtevraag MT-LT	<b>Bestaande warmtenet aansluitingen (100% voltoop):</b> 115 MW; 55.645 WEQ; MT 1.235.310 GJ/jaar - LT 1.087.073 GJ/jaar <b>Nieuwe WEQs (70% voltoop):</b> 131 MW; 63.197 WEQ; MT 2.345.834 GJ/jaar - LT 2.217.561 GJ/jaar				
Thermisch vermogen	<b>Bestaande &amp; nieuwe warmtenet WEQs;</b> WarmtelinQ 248 MWth basislast Piek-gasketels 620 MWth piek+backup	<b>Bestaande WEQ's</b> Geothermie 115 MWth basislast Piek-gasketels 287,5 MWth piek+backup <b>Nieuwe WEQ's</b> All-electric 7 kWth per WEQ	<b>Bestaande WEQ's</b> Geothermie 115 MWth basislast Piek-gasketels 287,5 MWth piek+backup <b>Nieuwe WEQ's</b> Hybride WP 3 kWth per WEQ CV ketel 4 kWth per WEQ	<b>Bestaande &amp; nieuwe warmtenet WEQs;</b> All-electric 7 kWth per WEQ	<b>Bestaande &amp; nieuwe warmtenet WEQs;</b> Hybride WP 3 kWth per WEQ CV ketel 4 kWth per WEQ
Temperatuurniveau	<b>Bestaande &amp; nieuwe warmtenet WEQs;</b> WarmtelinQ direct toepasbaar in MT net	<b>Bestaande WEQ's</b> Niet direct toepasbaar in MT net Warmtepomp voor opwaardering geothermietemperatuur naar MT <b>Nieuwe WEQ's</b> All-electric warmtepomp voor opwaardering temperatuur naar LT	<b>Bestaande WEQ's</b> Niet direct toepasbaar in net Warmtepomp voor opwaardering geothermietemperatuur naar MT <b>Nieuwe WEQ's</b> Hybride warmtepomp voor opwaardering temperatuur naar MT	<b>Bestaande &amp; nieuwe warmtenet WEQs;</b> All-electric warmtepomp voor opwaardering temperatuur naar LT	<b>Bestaande &amp; nieuwe warmtenet WEQs;</b> Hybride warmtepomp voor opwaardering temperatuur naar MT
Distributienetten	<b>Bestaande &amp; nieuwe warmtenet WEQs;</b> Warmtedistributienet	<b>Bestaande WEQ's</b> Warmtedistributienet <b>Nieuwe WEQ's</b> Elektranet incl. netverzwaring voor all-electric warmtepomp	<b>Bestaande WEQ's</b> Warmtedistributienet <b>Nieuwe WEQ's</b> Elektranet incl. netverzwaring voor hybride warmtepomp	<b>Bestaande &amp; nieuwe warmtenet WEQs;</b> Elektranet incl. netverzwaring voor all-electric warmtepomp	<b>Bestaande &amp; nieuwe warmtenet WEQs;</b> Elektranet incl. netverzwaring voor hybride warmtepomp
Netverzwaring & extra regelbaar vermogen	Geen extra netverzwaring en/of regelbaar vermogen	<b>Bestaande WEQ's</b> Extra netcapaciteit & vermogen voor geothermie met warmtepompen 0,7 kWe/WEQ <b>Nieuwe WEQ's</b> Extra netcapaciteit & vermogen voor all-electric warmtepompen 2,6 kWe/WEQ	<b>Bestaande WEQ's</b> Extra netcapaciteit & vermogen voor geothermie met warmtepompen 0,7 kWe/WEQ <b>Nieuwe WEQ's</b> Extra netcapaciteit & vermogen voor hybride warmtepompen 1 kWe/WEQ	<b>Bestaande &amp; nieuwe warmtenet WEQs;</b> Extra netcapaciteit & vermogen voor all-electric voor warmtepompen 2,6 kWe/WEQ	<b>Bestaande &amp; nieuwe warmtenet WEQs;</b> Extra netcapaciteit & vermogen voor hybride warmtepompen 1 kWe/WEQ

## **Hoofdstuk 3**

### *Resultaten*

## Resultaten scenarioanalyse

*WarmtelinQ heeft de laagste CAPEX, terwijl all-electric de hoogste investeringen vraagt*

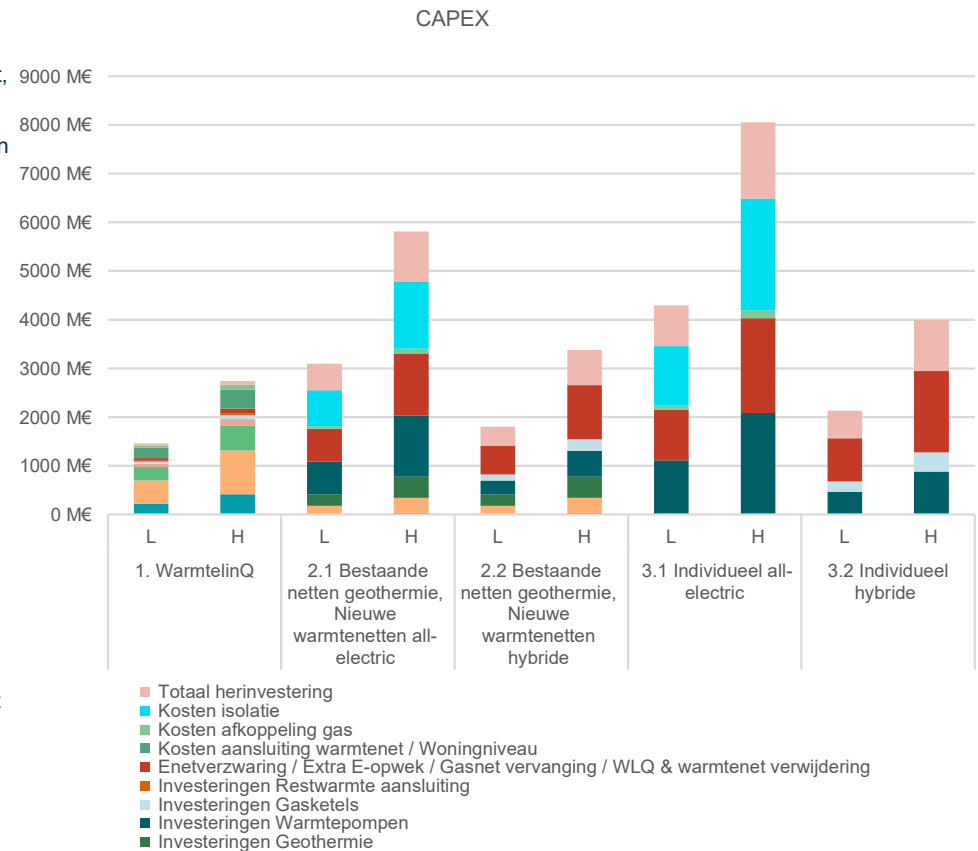
Het **WarmtelinQ-scenario (1.1)** heeft de laagste CAPEX. Dit komt doordat een groot deel van de infrastructuur al aanwezig is en deze investering (1,1 mld) als sunk cost wordt beschouwd. Nieuwe investeringen blijven daardoor relatief beperkt tot onder andere distributie en aansluitingen. De economische levensduur van het warmtenet in dit model is 30 jaar. Uit ervaring weten we dat dit hoger ligt, hetgeen dit scenario een voordeel geeft ten opzichte van de overige scenario's.

De **geothermie-varianten (2.1 en 2.2)** zitten qua investeringsniveau in de middenmoot. De kosten worden hier met name bepaald door investeringen in bronnen (geothermie), transportleidingen en aanpassingen aan warmtenetten. Opvallend is dat de variant met hybride invulling (2.2) lagere CAPEX heeft dan de all-electric variant (2.1), wat opnieuw het effect van beperktere elektrificatie onderstreept.

De **individuele all-electric variant (3.1)** kent veruit de hoogste investeringskosten. Deze worden voornamelijk gedreven door hoge kosten voor warmtepompen, woningaanpassingen (isolatiemaatregelen en afgiftesysteem) en substantiële investeringen in het elektriciteitsnet en regelbaar vermogen. Ook worden er kosten gerekend voor het verwijderen van bestaande warmtenetten (inclusief WarmtelinQ) en gasnet. Dit bevestigt dat volledige elektrificatie, ook de gebieden waar nu al een warmtenet aanwezig is, een zeer CAPEX intensieve route is.

De **hybride variant (3.2)** laat aanzienlijk lagere CAPEX zien dan all-electric. De investeringen zijn beperkter doordat de warmtepomp kleiner is, minder woningaanpassingen nodig zijn en het bestaande gasnet (deels) behouden blijft. De netinvesteringen zijn lager dan bij all-electric, maar de kosten voor gasinfrastructuur en CV-ketels blijven, net als de kosten voor verwijdering bestaand warmtenet. Hiermee vormt hybride opnieuw een duidelijk goedkoper individueel alternatief. Echter wordt een groot beslag gelegd op de toekomstig schaarse groengasvoorraad.

**Conclusie:** De investeringskosten laten duidelijk zien dat grootschalige elektrificatie (all-electric) de hoogste CAPEX heeft. Collectieve oplossingen, en met name WarmtelinQ, vereisen aanzienlijk minder investeringen doordat bestaande infrastructuur wordt benut. Hybride systemen bieden een kostenefficiënt alternatief binnen individuele oplossingen, terwijl geothermie een middenpositie inneemt. Overall bevestigt de CAPEX-analyse dat beperking van elektrificatie en benutting van bestaande infrastructuur cruciaal zijn voor het beheersen van nationale kosten.



## Resultaten scenarioanalyse

*All-electric heeft de laagste OPEX, terwijl WarmtelinQ gemiddelde operationele kosten kent. De hybride varianten hebben de hoogste operationele kosten door de relatief grote inzet van (groen)gas.*

Het **WarmtelinQ-scenario (1.1)** kent gemiddelde operationele kosten. Dit wordt vooral veroorzaakt door kosten voor het onderhoud van het warmtenet en afleversets en de inkoop van gas voor de piekinstallaties. De restwarmte wordt tegen uitkoppelkosten geleverd, terwijl de aftapwarmte ingekocht moet worden tegen de elektra-dervingskosten, die schaalbaar met de elektriciteitsprijs. Beiden zijn relatief goedkope vormen van warmte. Door de relatief beperkte inzet van elektriciteit en (groen)gas is dit scenario relatief stabiel voor energieprijzontwikkelingen.

De **geothermie-variant (2.1) geo + all-electric** laat ook een gemiddelde en relatief stabiele OPEX zien. Door de inzet van warmtepompen voor zowel de individuele woningen als het geothermie warmtenet, zijn elektriciteitskosten en onderhoud aan warmtepomp bepalend voor de operationele kosten.

De **geothermie-variant (2.2) geo + hybride** laat samen met de individueel hybride variant de hoogste OPEX zien. Oorzaak is de grote inzet van (groen)gas en inkoop van elektriciteit. Dit scenario is daarmee relatief gevoelig voor energieprijzontwikkelingen. Het behoud van het gasnet zorgt voor bijkomende netbeheerskosten, die toekomstig alleen maar zullen toenemen.

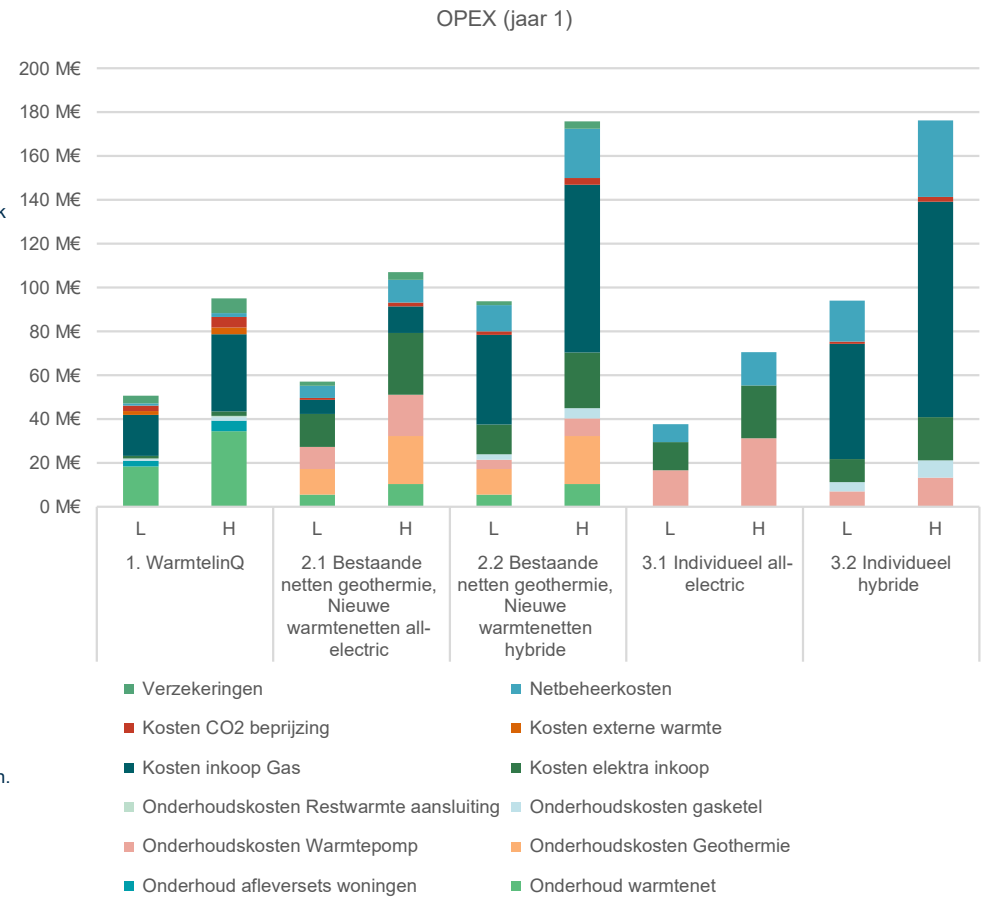
De **individueel all-electric variant (3.1)** heeft de laagste operationele kosten. Dit komt doordat er geen (groen)gas- of externe warmtekosten zijn en CO<sub>2</sub>-kosten geen rol spelen. De OPEX bestaat uit elektriciteitsverbruik en onderhoud van warmtepompen en de uitbreiding van het elektriciteitsnet en regelbaar vermogen, wat relatief voorspelbaar is.

De **hybride variant (3.2)** heeft samen met geothermie-variant 2.2 de hoogste OPEX, voornamelijk door de inkoop van (groen)gas. Dit scenario is het meest gevoelig voor de (groen)gasprijs.

Voor alle scenario's geldt dat de **CO<sub>2</sub>-kosten** een zeer beperkt aandeel van de totale OPEX zijn. De nationale kostenmethode schrijft voor dat we deze op ETS 1 en 2 baseren. Deze kosten zijn niet gelijk aan de 'shadow costs'<sup>1</sup> van CO<sub>2</sub>, die de maatschappelijke kosten voor het niet behalen van de beleidsdoelen representeren. Deze kosten liggen structureel hoger dan de ETS prijzen, wat aantoonde dat ETS nog niet geschikt is als stimulans om de beleidsdoelen te behalen. Rekenen met deze schaduwkosten, verandert de conclusie voor OPEX echter niet, aangezien de scenario's vergelijkbare CO<sub>2</sub>-uitstoot hebben.

**Conclusie:** Operationeel gezien is de individuele all-electric oplossing het voordeligst doordat deze niet afhankelijk is van externe warmte en (groen)gas. Collectieve oplossingen die of beperkt elektriciteit of (groen)gas hoeven in te kopen, zoals respectievelijk WarmtelinQ en geothermie + all-electric, kennen gemiddelde operationele kosten en zijn relatief stabiel. De collectieve en individuele hybride scenario's kennen duidelijk de hoogste operationele kosten, door de grote inzet van (groen)gas en elektriciteit. Ook zijn deze scenario's hierdoor het gevoeligst voor veranderingen in (groen)gas en elektriciteitsprijs.

De bijmengplicht voor het relatief dure groengas drijft de operationele kosten omhoog voor de scenario's die hierop inzetten. Indien de beschikbaarheid van groengas zich in het huidige tempo blijft ontwikkelen, is het zeer aannemelijk dat dit de prijs verder opdrijft.



1. [https://www.eib.org/files/publications/thematic/eib\\_group\\_climate\\_bank\\_roadmap\\_en.pdf](https://www.eib.org/files/publications/thematic/eib_group_climate_bank_roadmap_en.pdf)

## Resultaten scenarioanalyse

*WarmtelinQ heeft de laagste totale nationale kosten (TOTEX) in vergelijking met (hybride) warmtepompen en geothermie*

Op basis van de TOTEX-grafiek ontstaat een consistent en verdiepend beeld en per scenario zijn de volgende punten te benoemen:

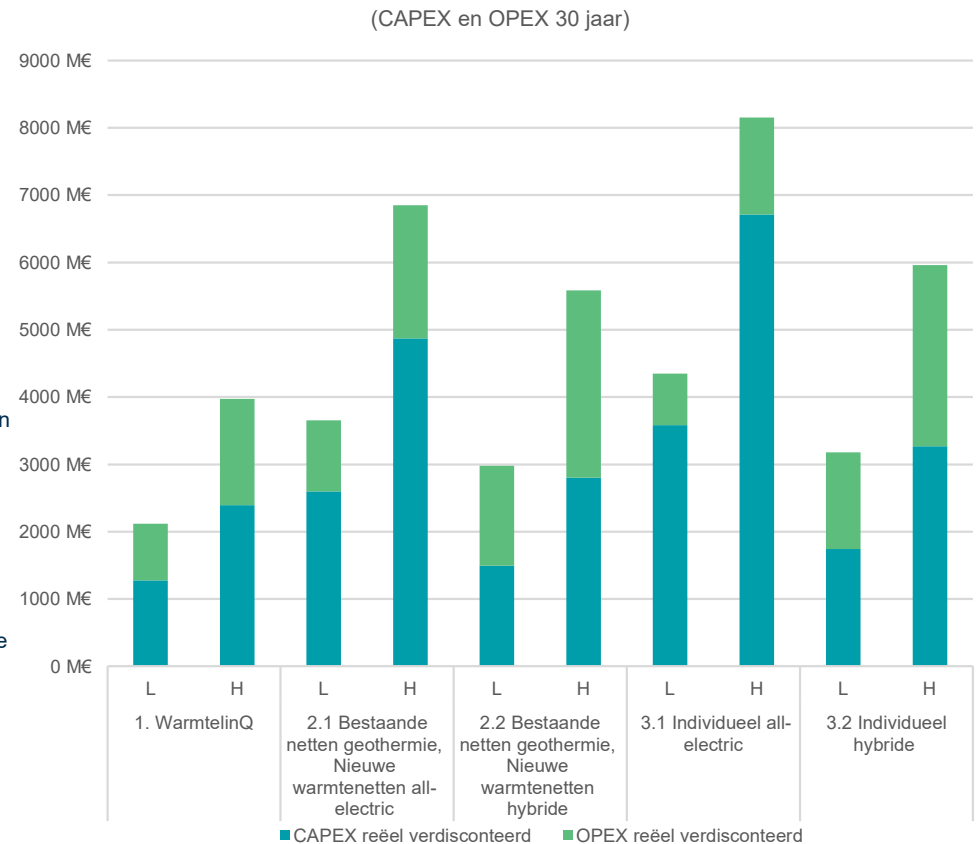
De **individuele all-electric variant (3.1)** is maatschappelijk het duurst, zowel in de lage als hoge kostenvariant. Dit wordt vooral gedreven door hoge CAPEX (woningaanpassingen, warmtepompen en investeringen in het elektriciteitsnet) en relatief hoge OPEX door elektriciteitsgebruik. Dit bevestigt het beeld dat volledige elektrificatie zonder collectieve infrastructuur financieel zwaar uitvalt.

De **hybride variant (3.2)** scoort beter dan all-electric en behoort tot de goedkopere individuele oplossingen, maar scoort gemiddeld ten opzichte van de collectieve scenario's. De totale nationale kosten liggen lager dan bij all-electric, doordat er minder zware netverzwaren en woningaanpassingen nodig zijn. De (groen)gaskosten zijn relatief fors. Daarmee vormt hybride een kostenefficiënter individueel alternatief, echter is deze variant zeer gevoelig voor de prijsontwikkeling en beschikbaarheid van groengas in de toekomst.

De **warmtenet-varianten met geothermie (2.1 en 2.2)** laten een middenpositie zien. De all-electric invulling voor nieuwe gebieden (2.1) is duurder dan de hybride variant (2.2), wat laat zien dat ook binnen collectieve systemen de keuze voor all-electric kostenverhogend werkt. Tegelijkertijd blijven deze varianten concurrerend ten opzichte van individuele all-electric.

Het **WarmtelinQ-scenario (1.1)** heeft de laagste nationale kosten in de hoge en lage variant. Dit komt mede doordat bestaande infrastructuur benut wordt en grote investeringen als 'sunk costs' worden beschouwd en de rest-en aftapwarmte relatief goedkoop zijn. De andere scenario's kennen overigens eveneens sunk costs, bijvoorbeeld reeds gemaakte investeringen in het elektriciteitsnet en isolatiekosten. Ook deze zijn niet meegerekend in de scenario's.

**Conclusie:** Het gebruik van de bestaande infrastructuur is een belangrijke reden voor de laagste nationale kosten van het WarmtelinQ scenario. De relatief beperkte gevoeligheid voor o.a. energieprijzontwikkelingen maakt dit een stabiel scenario. Hoewel all-electric de hoogste nationale kosten met zich meebrengt, presteren hybride warmtepompen qua kosten vrijwel gelijk aan de collectieve oplossingen met geothermie. De keuze voor een oplossing vraagt echter om een bredere afweging dan alleen financiële aspecten. Ook maakbaarheid, beschikbaarheid van groengas, ruimtelijke impact, de verdeling van netcapaciteit en een eerlijke kostenverdeling zijn bepalend. Daarnaast kunnen deze warmtetechnologieën in een groter gebied naast elkaar worden ontwikkeld dan in deze studie is beschouwd.



## **Hoofdstuk 4**

*Conclusie & aanbevelingen*

## Conclusie

*WarmtelinQ brengt op nationaal niveau de laagste kosten met zich mee, maar de keuze voor een warmteoplossing vraagt om een integrale afweging van kosten, sociale-economische en technische aspecten en ruimte.*

Op basis van de gecombineerde analyse van CAPEX, OPEX (jaar 1 en over 30 jaar) en totale nationale kosten ontstaat een consistent en duidelijk beeld van de verschillende warmteopties.

WarmtelinQ komt van alle onderzochte scenario's op basis van nationale kosten naar voren als meest kostenefficiënte oplossingen over de gehele levensduur, mede door het benutten van bestaande infrastructuur en het feit dat rest- en aftapwarmte relatief goedkoop zijn vanuit nationaal kosten perspectief.

Van de individuele scenario's hebben de hybride warmtepompen de laagste nationale kosten. Dit laatste komt doordat investeringen beperkt blijven, terwijl een aanzienlijk deel van de warmtevraag efficiënt elektrisch wordt ingevuld. De resterende afhankelijkheid van groengas leidt wel tot hoge operationele kosten en daarnaast een grote gevoeligheid voor negatieve prijsontwikkelingen op de groengas markt.

Individuele all-electric oplossingen laten het minst gunstige kostenbeeld zien. De hoge investeringen in warmtepompen, woningaanpassingen, verwijderen van bestaande warmtenetten en gasleidingen zorgen met samen netverzwaring en regelbaar vermogen ervoor dat deze variant over de levensduur het duurst is, ondanks lagere operationele kosten.

Geothermie-varianten vormen samen met het individuele hybride scenario duurzame alternatieven met gemiddelde nationale kosten. Ze representeren de tradeoff tussen CAPEX en OPEX. De scenario's met lagere CAPEX hebben hogere OPEX en vice versa.

### Conclusie

De analyse laat zien dat het collectieve WarmtelinQ scenario de laagste nationale kosten realiseert en relatief stabiel blijft onder energieprijzontwikkelingen. Volledige elektrificatie (all-electric) leidt tot de hoogste totale kosten door de combinatie van hoge investeringen op woning en netniveau, naast kosten voor het verwijderen van gas en bestaand warmtenet. Collectieve oplossingen op basis van geothermie bevinden zich op een gemiddeld kostenniveau.

Hoewel de trend in de nationale kosten duidelijk is, is de onzekerheid in deze fase ook groot. De uiteindelijke afweging tussen individuele en collectieve oplossingen zou daarom niet uitsluitend op basis van kosten gemaakt moeten worden.

Ook **technische haalbaarheid** (bijv. geschiktheid van bestaande netten of woningen), **ruimtelijke inpasbaarheid** (beschikbaarheid van ruimte voor infrastructuur en in/om de woning), **sociaal-economische aspecten** (zoals draagvlak, bereidheid om te verduurzamen, eerlijke kostenverdeling) en **tijdsafhankelijke aspecten** (zoals realisatietermijnen, fasering en beschikbaarheid van bronnen) spelen een bepalende rol.

Daarmee vraagt de optimale warmteoplossing om een integrale afweging, waarin kosten, uitvoerbaarheid en ruimtelijke en temporele randvoorwaarden in samenhang worden beschouwd. In de tabel op de volgende pagina is daarvoor een globale kwalitatieve analyse voor beschreven.



# Conclusie

## Analyse van kwalitatieve aspecten per scenario naast de nationale kosten

**Kleurduiding kwalitatieve aspecten**

*Neutraal: Dit aspect biedt geen duidelijk relatief voor- of nadeel voor dit scenario*

*Positief: Dit aspect biedt een duidelijk voordeel voor dit scenario*

*Negatief: Dit aspect biedt een duidelijk nadeel voor dit scenario*

	1. WarmtelinQ	2.1 Geothermie & All-electric	2.2 Geothermie & Hybride	3.1 Individueel All-electric	3.2 Individueel Hybride
<b>Nationale kosten</b>	Laagste nationale kosten	Gemiddelde tot hoge nationale kosten	Gemiddelde nationale kosten	Hoge nationale kosten	Gemiddelde nationale kosten
<b>Netimpact</b>	WLQ heeft een zeer beperkte impact op het elektriciteitsnet en legt dus geen extra claim op schaarse aansluitcapaciteit.	Relatief hoge netimpact voor geothermie voor levering aan bestaande netten door benodigde hoge aanvoertemperatuur. Vooral het all-electric deel heeft een grote netimpact, en gebruikt schaarse netcapaciteit gedurende de congestie periode in de regio, dit kan resulteren in economische schade.	Relatief hoge netimpact voor geothermie voor levering aan bestaande netten door benodigde hoge aanvoertemperatuur, lage netimpact voor hybride warmtepompen, overstap naar all-electric vraagt in de toekomst extra netverzwaring.	Hoge netimpact, extra netverzwaringen regelbaar vermogen nodig. Wanneer dit tijdens de periode van netcongestie wordt uitgevoerd kan het zorgen voor economische schade omdat het schaarse netcapaciteit gebruikt.	Lage netimpact voor hybride warmtepompen. Overstap naar all-electric vraagt in de toekomst extra netverzwaring.
<b>Gebruik hoogwaardige energie</b>	De gebruikte warmte is kwalitatief laagwaardig. Inzet in de gebouwde omgeving behoudt elektriciteit en (groen)gas voor hoogwaardige toepassingen. Relatief weinig groengasvraag doordat WLQ 90% van warmtevraag kan leveren op jaarbasis.	Relatief weinig groengasvraag doordat geothermie 90% van warmtevraag kan leveren op jaar basis. Gebruik van groengas is alleen wenselijk indien zoveel mogelijk warmte uit de basislast warmtebron wordt geleverd.	Relatief veel gebruik van groengas voor laagwaardige warmte productie. In het hybride warmtepomp scenario is nog 35% groengasvraag aanwezig.	Optimaal gebruik van lokaal geproduceerde elektriciteit in buurt en thuisbatterijen en slimme sturing van warmtepompen voor warm tapwater productie.	Relatief veel gebruik van groengas voor laagwaardige warmte productie. In het hybride warmtepomp scenario is nog 35% groengasvraag aanwezig.
<b>Faseerbaarheid</b>	WarmtelinQ heeft warmtetransport capaciteit klaar staan om uit te breiden naar 248 MWth en biedt dus direct duurzame transportcapaciteit voor nieuwe en bestaande warmtenetten. De aanleg van nieuwe netten in de bestaande bouw zal een lange doorlooptijd hebben van 10 tallen jaren.	De ontwikkeling van geothermie kent een langdurig vergunningsproces. Daarnaast is er zowel in de aanleg- als exploitatiefase een relatief grote netaansluiting vereist, die door netcongestie op korte termijn niet beschikbaar is.	De ontwikkeling van geothermie kent een langdurig vergunningsproces. Daarnaast is er zowel in de aanleg- als exploitatiefase een relatief grote netaansluiting vereist, die door netcongestie op korte termijn niet beschikbaar is.	Overstap naar all-electric in de wijken waar collectieve warmte logischer is zal voor een klein deel van de woningen faseerbaar/schaalbaar zijn in de komende 15-25 jaar.	Verplichting installatie hybride warmtepompen geeft stimulans bij vervanging CV ketel. Door gemiddelde levensduur CV ketel van 15 jaar is een overstap in 15-25 jaar mogelijk.
<b>Ruimtelijke inpasbaarheid</b>	Aanleg van nieuwe warmtenetten heeft een grote impact op de openbare ruimte in de aanlegfase. Warmteoverdrachtstations vragen daarnaast een permanente ruimtevraag.	Geothermie boorlocaties moeten binnenstedelijk worden gevonden, vergunningen kunnen ingewikkeld worden door ruimtelijke milieu eisen zoals geluid. Buitenunit van de warmtepomp produceert geluid, waardoor deze in dichtbebouwde omgeving moeizaam inpasbaar kan zijn.	Geothermie boorlocaties moeten binnenstedelijk worden gevonden, vergunningen kunnen ingewikkeld worden door ruimtelijke milieu eisen zoals geluid.	Ruimtevraag voor trafohuisjes in de wijk door netverzwaring. Aanleg van extra elektrakabels heeft veel minder impact op de ondergrond dan warmtedistributie. Wel is de impact op ruimte in en om de woning groot, door boilervat en buitenunit. Buitenunit produceert geluid, kan in dichtbebouwde omgeving moeizaam inpasbaar zijn.	Hybride warmtepompen vragen om minder trafohuisjes i.v.m. all-electric, echter vraagt de productie van groengas om veel ruimte buiten bebouwde omgeving. Ook is het ruimtegebruik in de woning zeer beperkt. Buitenunit van de warmtepomp produceert geluid, waardoor deze in dichtbebouwde omgeving moeizaam inpasbaar kan zijn.
<b>Beschikbaarheid groengas</b>	Beperkte inzet groengas. Groengas blijft schaars en de beschikbaarheid groeit niet snel genoeg. Hoewel de gebouwde omgeving, bijvoorbeeld voor pieklast, een mogelijke afnemende sector is, staat de verdeling over sectoren nog niet vast.	Beperkte inzet groengas in bestaande netten. Groengas blijft schaars en de beschikbaarheid groeit niet snel genoeg. Hoewel de gebouwde omgeving, bijvoorbeeld voor pieklast, een mogelijke afnemende sector is, staat de verdeling over sectoren nog niet vast.	Groengas blijft schaars en de beschikbaarheid groeit niet snel genoeg. Hoewel de gebouwde omgeving, bijvoorbeeld voor pieklast, een mogelijke afnemende sector is, staat de verdeling over sectoren nog niet vast.	Geen inzet groengas	Groengas blijft schaars en de beschikbaarheid groeit niet snel genoeg. Hoewel de gebouwde omgeving, bijvoorbeeld voor pieklast, een mogelijke afnemende sector is, staat de verdeling over sectoren nog niet vast.
<b>Sociaal-economisch</b>	Kosten warmtenet nog niet gesocialiseerd, zoals bij het elektriciteitsnet. Eindgebruikerskosten weerspiegelen nationale kosten onvoldoende. Draagvlak aangetast. Volloopriscio is groot.	Kosten warmtenet nog niet gesocialiseerd, zoals bij het elektriciteitsnet. Eindgebruikerskosten weerspiegelen nationale kosten onvoldoende. Draagvlak aangetast. Volloopriscio is groot.	Kosten warmtenet nog niet gesocialiseerd, zoals bij het elektriciteitsnet. Eindgebruikerskosten weerspiegelen nationale kosten onvoldoende. Draagvlak aangetast. Volloopriscio is groot.	Initiële investering in isolatie, warmtepomp en afgiftesysteem is belemmering voor lagere inkomens.	Initiële investering warmtepomp is lager dan bij all-electric, evenals isolatiemaatregelen. Afgiftesysteem hoeft niet te worden aangepast.

## Aanbevelingen

*Maak een integrale afweging tussen individuele en collectieve oplossingen: de keuze voor een warmteoplossing is niet absoluut. In de lokale warmtetransitie zullen verschillende warmteoplossingen naast elkaar een rol spelen.*

In 2026 is gestart met de uitbreiding van WarmtelinQ van Rijswijk naar Leiden. Vanuit nationale kosten perspectief zou de nadruk moeten liggen op het benutten van de beschikbare duurzame restwarmte en het aanwenden van gemaakte investeringen.

Voor een gedragen keuze per wijk of cluster is het cruciaal voor de onderbouwing om de alternatieven op hoger detailniveau in beeld te brengen. Zo zal nauwkeuriger per cluster moeten worden berekend wat de nationale kosten van de netverzwaringen zullen zijn bij de individuele oplossing en de meerkosten t.o.v. de netverzwaringen die onafhankelijk van warmte nodig zullen zijn. Naast kosten is het ook goed om de uitvoerbaarheid en daarmee de potentiële fasering te beschouwen en te onderbouwen met praktijkgegevens. Werk daarbij nauw samen met de netbeheerder om tot een afgestemde uitvoeringsagenda te komen.

Voor de onderbouwing van lange termijn leveringszekerheid van duurzame warmte voor WarmtelinQ is een goede (en openbare) bronnenanalyse nodig. Deze bronnenanalyse zal niet alleen de huidige mogelijkheden moeten analyseren maar ook rekening moeten houden met de materialen en energietransitie. Deze studie zal bijdragen aan het vertrouwen in de beschikbaarheid en duurzaamheid van de warmte die door WarmtelinQ getransporteerd wordt.

We hebben gezien dat WarmtelinQ snel voor een grote CO2-reductie kan zorgen. In de huidige financiële vergelijking is dit aspect onderbelicht.

### Aanbeveling

- **Afweging per wijk of cluster met extra diepgang in de elektranetkosten en uitvoerbaarheid**
- **Bronnenstudie op korte en lange termijn voor WarmtelinQ**
- **Uitwerken CO2-reductie in de tijd in vergelijking tot alternatieven**



## Abatement Cost

*WarmtelinQ kent de laagste meerkosten per vermeden ton CO<sub>2</sub> ten opzichte van de alternatieven en biedt daarmee de meest kostenefficiënte techniek*

### Toelichting kosten per vermeden ton CO<sub>2</sub>

Voor de verschillende scenario's vergelijken we de CO<sub>2</sub>-emissie met een referentiescenario waarbij de warmtevraag volledig door gasketels wordt geleverd die 100% aardgas verbruiken. Dit referentiescenario heeft een fysieke CO<sub>2</sub>-emissie van ca 5.340.580 ton. Om de meerkosten per vermeden ton CO<sub>2</sub> te berekenen, verdisconteren we de kosten alsook de CO<sub>2</sub>-emissie tegen de maatschappelijke discontovoet. Dat laatste is nodig omdat de CO<sub>2</sub>-emissies toekomstige waarde representeren, die ook verdisconteerd moet worden. Verdisconteerd is de CO<sub>2</sub>-emissie van het referentiescenario ca 3.200.526 ton.

De resultaten van de berekening worden in een bandbreedte gepresenteerd, in lijn met de overige resultaten. In de gevoeligheidsanalyse zijn een lage (L) en hoge (H) variant doorgerekend, conform Class 5 van de AACEI.

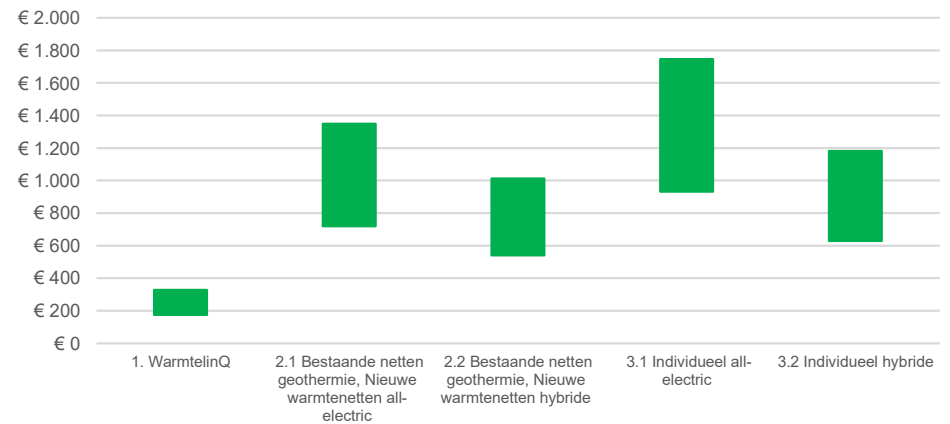
Een belangrijk disclaimer bij de gehanteerde methode is dat de resultaten berekend zijn o.b.v. de gehanteerde vollooppaden, die het vollooppad van WarmtelinQ volgen omwille van de vergelijkbaarheid. Het effect van het uitstellen van een duurzame techniek, bijvoorbeeld vanwege de lange ontwikkeltijd voor een geothermieput, is hier niet in doorberekend. In die tussentijd is het aannemelijk dat er meer aardgas gestookt gaan worden, wat de CO<sub>2</sub>-emissie voor de looptijd doet toenemen. Daarnaast wordt er aan rest- en aftapwarmte vanuit de haven geen CO<sub>2</sub>-emissie toegekend. De gehanteerde methode geeft wel een indicatie van de CO<sub>2</sub>-emissie voor de technische levensduur per techniek, aangezien deze redelijk overeenkomen met de looptijd inclusief herinvesteringen.

Per scenario is de cumulatieve CO<sub>2</sub>-emissie uitgerekend en deze verschilt relatief sterk per scenario. Door de vergroening van de elektriciteitsmix en het niet-inzetten van aardgas heeft het all-electric scenario de laagste cumulatieve CO<sub>2</sub>-emissie, gevolgd door WarmtelinQ. De hybride varianten kennen de grootste de cumulatieve CO<sub>2</sub>-emissie.

Voor de gehanteerde vollooppaden reduceren de scenario's echter praktisch evenveel CO<sub>2</sub> t.o.v. het referentiescenario. Met het doel van CO<sub>2</sub>-emissiereductie voor ogen zijn ze dus, gegeven deze vollooppaden, gelijkwaardig: ze zijn even goed voor het klimaat.

Het verschil zit hiermee in de meerkosten waarvoor deze CO<sub>2</sub>-emissiereductie gebeurt. WarmtelinQ doet dat voor significant lagere kosten per vermeden ton CO<sub>2</sub> t.o.v. de overige scenario's. Dat blijft geldig als we sunk cost van € 1,1 mld voor WarmtelinQ meerekenen, zie de volgende slide. Hiermee biedt het WarmtelinQ scenario, waarbij bestaande netten en nieuwe aansluitingen middels warmte via WarmtelinQ vergroend worden, de meest kostenefficiënte techniek.

Euro per ton vermeden CO<sub>2</sub> – Bandbreedte



	Cumulatieve CO <sub>2</sub> emissie - verdisconteerd [ton]	CO <sub>2</sub> reductie tov gasketels op 100% aardgas – verdisconteerd [ton]	L = - 20% Euro per ton vermeden CO <sub>2</sub>	H = + 50% Euro per ton vermeden CO <sub>2</sub>
<b>1. WarmtelinQ</b>	<b>160.768</b>	<b>3.039.758</b>	<b>175</b>	<b>327</b>
<b>2.1 Bestaande netten geothermie, Nieuwe warmtenetten all-electric</b>	<b>212.952</b>	<b>2.987.574</b>	<b>720</b>	<b>1.349</b>
<b>2.2 Bestaande netten geothermie, Nieuwe warmtenetten hybride</b>	<b>469.709</b>	<b>2.730.817</b>	<b>540</b>	<b>1.012</b>
<b>3.1 Individueel all-electric</b>	<b>137.144</b>	<b>3.063.382</b>	<b>932</b>	<b>1.747</b>
<b>3.2 Individueel hybride</b>	<b>529.108</b>	<b>2.671.419</b>	<b>630</b>	<b>1.181</b>

## Abatement Cost

*Inclusief sunk costs voor WarmtelinQ komen de meerkosten per vermeden ton CO<sub>2</sub> in elkaars bandbreedte te liggen en scoren WarmtelinQ en Geothermie bestaand + nieuwe aansluitingen hybride vergelijkbaar laag*

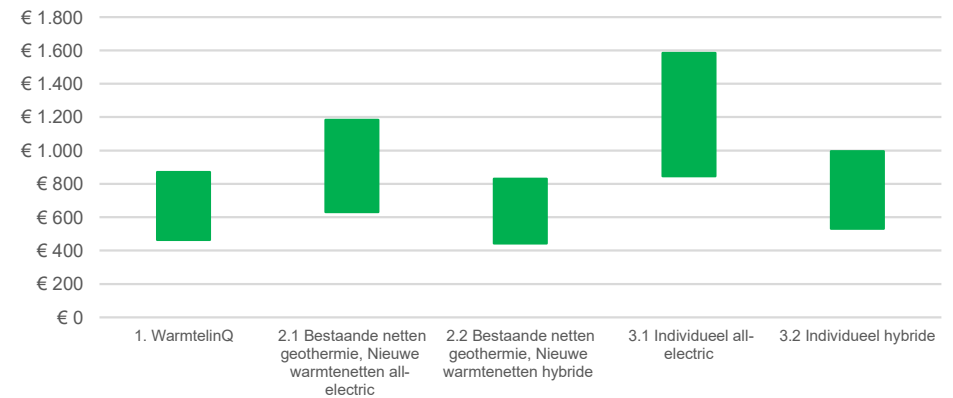
### Toelichting kosten per vermeden ton CO<sub>2</sub>

Inclusief sunk cost van € 1,1 mld voor de het reeds aangelegde transportnet van WarmtelinQ, komen de meerkosten per vermeden ton CO<sub>2</sub> in elkaars bandbreedte te liggen. Dat komt ook omdat de kosten voor het verwijderen van transportleiding van WarmtelinQ nu in de overige scenario's komen te vervallen. De meerkosten per vermeden ton CO<sub>2</sub> voor scenario 1 WarmtelinQ en 2.2 Bestaande netten geothermie, nieuwe warmtenetten hybride zijn nu zeer vergelijkbaar en gemiddeld het laagst.

Een kanttekening bij deze vergelijking is dat overige sunk costs voor de andere scenario's niet meegenomen zijn, zoals reeds gedane investeringen in het elektriciteitsnet of isolatiemaatregelen. Deze kosten zouden de meerkosten per vermeden ton CO<sub>2</sub> voor met name de overige scenario's verhogen.

De analyse geeft een indicatie van de resultaten, als deze zou zijn gemaakt ten tijde van de FID voor WarmtelinQ, onder dezelfde aannames gemaakt in dit onderzoek.

Euro per ton vermeden CO<sub>2</sub> – Bandbreedte  
Incl sunk costs WarmtelinQ

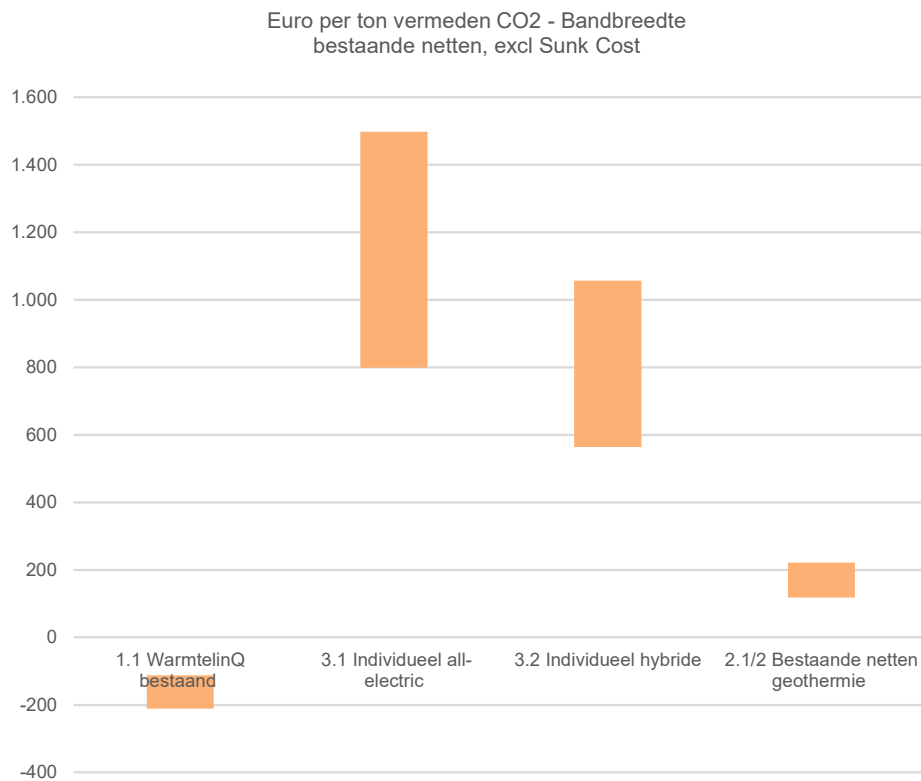


	Cumulative CO <sub>2</sub> emissie - verdisconteerd [ton]	CO <sub>2</sub> reductie tov gasketels op 100% aardgas – verdisconteerd [ton]	L = - 20% Euro per ton vermeden CO <sub>2</sub>	H = + 50% Euro per ton vermeden CO <sub>2</sub>
1. WarmtelinQ	160.768	3.039.758	464	870
2.1 Bestaande netten geothermie, Nieuwe warmtenetten all-electric	212.952	2.987.574	631	1.184
2.2 Bestaande netten geothermie, Nieuwe warmtenetten hybride	469.709	2.730.817	443	831
3.1 Individueel all-electric	137.144	3.063.382	845	1.585
3.2 Individueel hybride	529.108	2.671.419	531	996

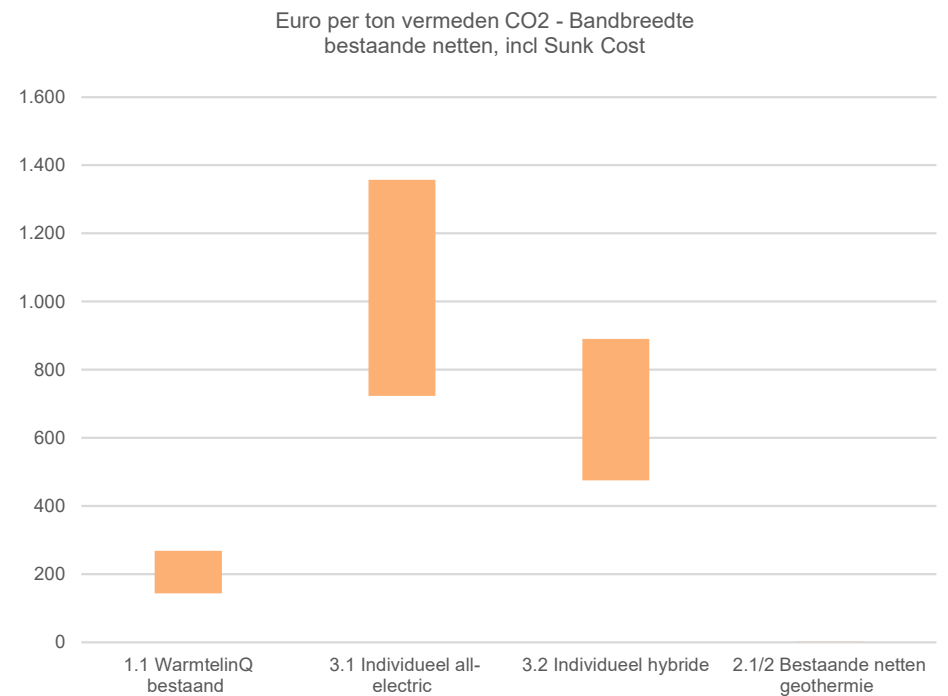
## Abatement Cost bestaande netten

*De abatement costs exclusief sunk cost voor WarmtelinQ zijn lager dan de vergeleken alternatieven. Inclusief sunk cost (Voor FID WarmtelinQ) zijn deze voor het geothermie scenario het laagst.*

Abatement cost per techniek voor bestaande warmtenetten, sunk cost **niet** meegerekend



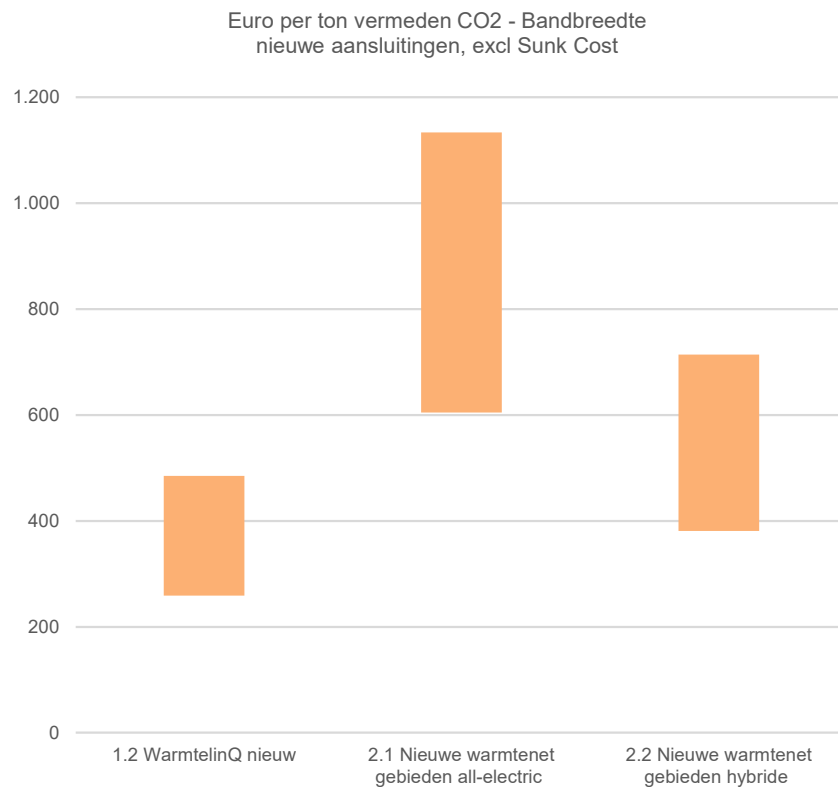
Abatement cost per techniek voor bestaande warmtenetten, sunk cost **wel** meegerekend



## Abatement Cost nieuwe aansluitingen

*De abatement costs exclusief sunk cost zijn voor WarmtelinQ relatief laag vergeleken met de alternatieven, maar overlappen met hybride. Inclusief sunk cost (Voor FID WarmtelinQ) neemt de overlap toe en toont hybride relatief lage abatement costs.*

Abatement cost per techniek voor nieuwe aansluitingen, sunk cost **niet** meegerekend



Abatement cost per techniek voor nieuwe aansluitingen, sunk cost **wel** meegerekend

