

De keuze voor warmtenetten of andere warmteoplossingen

Verkenning naar conflicterende belangen tussen het individu en de maatschappij

Aan de hand van het plan voor het warmtenet in Den Haag

26-06-2024

Auteurs: Christiaan Hoetz, Renze Straatsma & Rutger Bianchi

Versie 2.0

AANLEIDING VAN HET ONDERZOEK

Moeizame realisatie van warmtenetten vormt aanleiding voor het onderzoek

Overstap op duurzame warmteoplossingen

Om klimaatverandering tegen te gaan heeft Nederland in het Klimaatakkoord (2019) afgesproken dat de gebouwde omgeving uiterlijk in 2050 aardgasvrij moet zijn. Alle gebouwen moeten daarom overstappen op duurzame warmteoplossingen. Ook de kwetsbaarheid van huishoudens voor plotselinge prijsstijgingen neemt hierdoor af, bijvoorbeeld als gevolg geopolitieke ontwikkelingen.

Moeizame realisatie van warmtenetten

Veel gemeenten hebben plannen om warmtenetten te ontwikkelen. Vaak zijn deze plannen gestoeld op analyses waaruit blijkt dat dit de oplossing is met de laagste nationale kosten (maatschappelijk gezien de minst kostbare duurzame warmteoplossing). We zien echter in de praktijk dat deze warmtenetten moeizaam gerealiseerd worden. Het proces naar realisatie vergt jarenlange voorbereiding en voorinvesteringen met een onzekere uitkomst. Het gehele warmtesysteem (bron-netwerk-opslag-aansluiting) moet binnen het project gefinancierd worden en uiteindelijk afbetaalt door de beoogde afnemers. De risico's landen binnen het project. Bewoners willen dan ook niet altijd op warmtenetten aangesloten worden, omdat dit tot een hogere energierekening kan leiden.

Marktpartijen durven de ontwikkeling van een warmtenet vaak niet alleen aan, waardoor gemeenten een trekkende rol moeten spelen. Zo komt een deel van het afbreukrisico bij gemeenten en hun bestuurders te liggen.

All electric warmteoplossingen vergen minder centrale regie door gemeenten

Het alternatief is een individuele route waarbij iedere gebouweigenaar zelf verantwoordelijk is voor zijn duurzame warmteoplossing. Dit vergt minder centrale regie door gemeenten en kan in zekere mate geleidelijk ontstaan als gevolg van de optelsom van individuele keuzes. Het geeft de bewoners ook meer (gevoel van) vrijheid om zelf keuzes te maken. Deze route is echter niet zo individueel als deze in eerste instantie lijkt, het vereist immers netverzwaring wat ook een collectieve opgave is. Maar de regie hierop ligt niet bij gemeenten, deze is wettelijk belegd bij de netbeheerders. En de kosten hiervan zijn gesocialiseerd. Hierdoor blijft een deel van maatschappelijke kosten van deze route verborgen. Ook is er sprake van een relatief beperkt afbreukrisico's voor bestuurders. De gemeenten zijn immers niet primair verantwoordelijk.

AANLEIDING VAN HET ONDERZOEK

Onderzoek naar de verdeling van belangen bij de keuze voor warmtenetten of *all electric* oplossingen

Ongelijk speelveld leidt tot impliciete keus voor *all electric* oplossingen

Dit maakt dat er sprake is van een ongelijk speelveld tussen de twee belangrijkste warmteoplossingen. De warmtetransitie in Nederland lijkt daarmee op een pad te komen waarbij *all electric* (en hybride) de dominante oplossingsrichting wordt. Dit pad is echter niet zozeer het gevolg van expliciete beleidskeuzes of een overtuiging dat dit maatschappelijk gezien de optimale route is. Het ontstaat in belangrijke mate vanzelf als gevolg van hoe het speelveld is georganiseerd en de optelsom van individuele keuzes. Vanwege de netcongestie is het ook een route van met verborgen maatschappelijke kosten en een onzekere uitvoerbaarheid. De vraag rijst in hoeverre dit in het maatschappelijk belang is?

De onderzoeksvraag

De Nederlandse Vereniging voor Duurzame Energie (NVDE), Energiebeheer Nederland (EBN), Bouwend Nederland en Stedin hebben daarom Berenschot gevraagd om dit te onderzoeken.

De volgende onderzoeksvraag stond daarbij centraal:

Wat zijn de kosten voor een warmtenet en *all electric* warmtepompen voor een specifieke casus?

Aan de hand van een plan voor de ontwikkeling van een warmtenet in Den Haag hebben wij inzichtelijk gemaakt wat dit betekent voor de kosten voor de maatschappij, de kosten voor de bewoners en de uitvoerbaarheid.

De hoofdrapportage beschrijft de inzichten en belangrijkste conclusies, toelichting op de methodiek en resultaten staan in de bijlagen

Drie onderdelen staan centraal in deze rapportage

In dit onderzoek presenteren we de resultaten van het onderzoek. We vergelijken twee duurzame warmteoplossingen (*all electric* warmtepomp en warmtenet) ten opzichte van de referentie (cv-ketel op aardgas). Deze vergelijking maken we op drie onderdelen:

1. Nationale meerkosten
2. Eindgebruikerskosten
3. Uitvoerbaarheid

Dit zijn niet de enige afwegingen die bepalend zijn voor de keuze van een duurzame warmteoplossing. Het onderzoek richt zich niet op andere aspecten zoals bijvoorbeeld comfort of keuzevrijheid. De rapportage die voor u ligt is ook op basis van deze drie onderdelen opgebouwd. Allereerst presenteren we de belangrijkste conclusies in de samenvatting.

De hoofdrapportage bestaat uit vier hoofdstukken. Hoofdstuk 1 licht de onderzoeksaanpak toe en beschrijft de casus die we hebben gebruikt. Hoofdstuk 2 vergelijkt de nationale meerkosten van de individuele elektrische warmtepomp met die van hoge- en middentemperatuur warmtenetten. In hoofdstuk 3 beoordelen we de duurzame warmteoplossingen op basis van de eindgebruikerskosten. Tot slot presenteren we in hoofdstuk 4 de resultaten van de kwalitatieve analyse op de uitvoerbaarheid van de twee warmteoplossingen.

De bijlagen bevatten een toelichting op de methodiek en de resultaten. Ook benoemen we de belangrijkste aannames die voor dit onderzoek gemaakt zijn.

Inhoudsopgave

Pg. 5	Samenvatting van de belangrijkste inzichten
Pg. 11	1. De onderzoeksaanpak
Pg. 14	2. Perspectief vanuit de maatschappij: de nationale meerkosten
Pg. 18	3. Perspectief vanuit de afnemer: eindgebruikerskosten
Pg. 25	4. Perspectief vanuit de uitvoerbaarheid van de oplossingen
Pg. 28	Bijlagen



**Samenvatting van de
belangrijkste inzichten**

SAMENVATTING

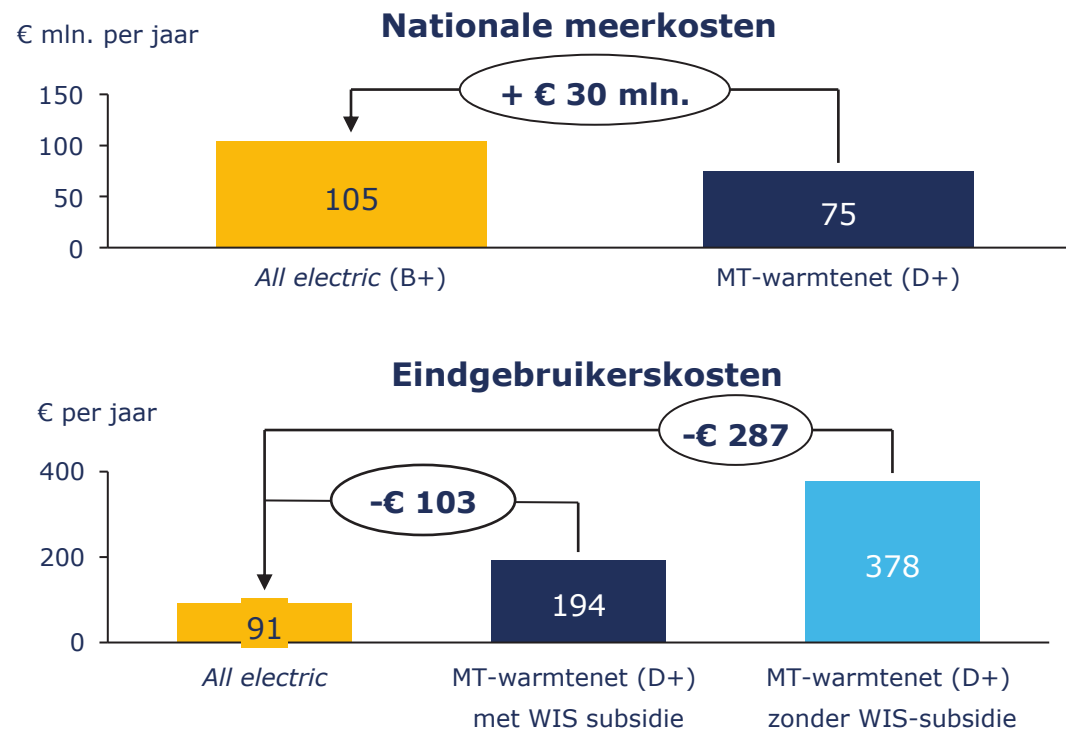
Maatschappelijk en individueel belang zijn niet met elkaar in lijn

Warmtenet leidt tot lage nationale kosten en *all electric* tot lagere eindgebruikerskosten

Aan de hand van een beoogd warmtenet in Den Haag zien wij dat in stedelijk gebied met een **hoge bebouwingsdichtheid** warmtenetten leiden tot de laagste kosten voor de maatschappij als geheel.¹ De nationale meerkosten voor *all electric* warmtepompen liggen **40% hoger** dan voor warmtenetten. Dit komt onder andere door de kosten voor netverzwaring. Deze kosten zijn **twee keer zo hoog** voor *all electric* warmtepompen in vergelijking met warmtenetten.

De ontwikkeling van het warmtenet is echter kostbaar. Deze kosten zijn voor een belangrijk deel niet gesocialiseerd en bepalen in de toekomst de energierekening van de gebruikers.² Voor eindgebruikers blijft aardgas in 2030 gemiddeld genomen financieel het meest aantrekkelijk. Al kan dit snel veranderen bij een hogere aardgasprijs. Van de duurzame warmteoplossingen levert een overstap naar *all electric* warmtepomp de laagste gemiddelde eindgebruikerskosten op (8 euro hogere maandlasten). De **maandlasten verschillen echter sterk per type eindgebruiker** (afhankelijk van eigendomssituatie, isolatieniveau en gedrag). De eindgebruikerskosten voor een warmtenet (met WIS subsidie uit 2023) zijn per maand gemiddeld 16 euro hoger dan de referentie op aardgas. De verschillen op basis van gemiddelden zijn dus relatief klein, maar kunnen voor individuele huishoudens fors variëren (zie pag. 21-23).

Het individuele belang ligt daarmee niet in lijn met het maatschappelijke belang. Dit staat realisatie van de warmteoplossing met de laagste nationale kosten in de weg.



Deze grafieken tonen de Nationale meerkosten en de eindgebruikerskosten van *all electric* en een warmtenet in 2030. De kosten zijn uitgedrukt ten opzichte van de kosten van cv-ketels op aardgas.

- 1) Voor 2030, op basis van de Startanalyse (2020) door PBL, met verdiepende inschatting voor de kosten van netverzwaring. Waterstof- of hybride warmtepompen met groen gas als warmteoplossing zijn in dit onderzoek niet meegerekend. Deze warmtedragers zijn schaars en beperkt inzetbaar. Ze zijn daarom niet geschikt als algemene warmteoplossing, maar moeten daar toegepast worden waar duurzame alternatieven moeilijk te realiseren zijn.
- 2) Onder de nieuwe Wet collectieve warmte staan de ontwikkelkosten van het warmtenet aan de basis van de prijs die gebruikers betalen ('Kostprijs+'). Op dit moment zijn de warmtetarieven nog gemaximeerd op de aardgasprijs, onafhankelijk van de ontwikkelkosten ('niet-meer-dan-anders-principe').

SAMENVATTING

Er bestaat niet één warmteoplossing met de laagste kosten voor alle eindgebruikers

Er bestaan grote verschillen in eindgebruikerskosten: er is niet één oplossing die voor alle bewoners tot de laagste kosten leidt

Er zijn grote verschillen in de eindgebruikerskosten, afhankelijk van de eigendomssituatie en het isolatieniveau van de woning. Na aardgas, is voor koopwoningen in het onderzoeksgebied een warmtenet vaak aantrekkelijker dan een *all electric* oplossing. Voor sociale huurders is dit andersom. De woningcorporaties kunnen namelijk (onder de huidige afspraken) niet alle investeringen in isolatie en een warmtepomp doorbelasten in de huurprijs.

De warmtebedrijven zijn met name geïnteresseerd in het aansluiten (sociale) van huurders. Niet alleen omdat het makkelijker is om afspraken te maken met woningcorporaties als geheel, maar ook omdat huurders vaker in gestapelde bouw wonen, met een geconcentreerde warmtevraag.

Aangekondigde CO₂-heffing stimuleert duurzame warmteoplossingen; eindgebruikerskosten warmtenetten minder onzeker dan *all electric*

De berekening van de eindgebruikerskosten in 2030 kent onzekerheid. De uitkomsten zijn afhankelijk van de toekomstige investeringskosten, energieprijzen en de regelgeving inzake de manier waarop de kosten over de maatschappij worden verdeeld.

De onzekerheid van de kosten voor eindgebruikers is bij *all electric* hoger dan bij het warmtenet. Zo zijn warmtenetten gevoed door duurzame bronnen minder gevoelig voor fluctuerende energieprijzen dan warmtepompen.

De voorgenomen Europese CO₂-heffing voor de gebouwde omgeving (ETS-2) creëert naar verwachting een prijsprikkel voor consumenten om over te stappen op duurzame warmteoplossingen¹. In het onderzoeksgebied wordt *all electric* voor een gemiddelde woning aantrekkelijker dan aardgas vanaf een CO₂-prijs van circa € 60,- per ton. Voor een warmtenet geldt dit vanaf een prijs van circa € 120,- per ton. Het verschil tussen de eindgebruikerskosten van *all electric* en warmtenetten onderling verandert niet.

1) Mits de inkoop van warmte niet contractueel wordt gekoppeld aan de gasprijs of andere fluctuerende markten. Dit is nu vaak wel het geval, omdat ook de subsidie aan aardgas gekoppeld is in het geval van de SDE++. Voor stabiele en betrouwbare warmteprijzen is het essentieel dat ook hier ontkoppeld wordt met de gasprijs.

SAMENVATTING

Uitstel van de keuze voor een warmtenet kan impliciet een keuze worden voor *all electric*; maar die route kent eigen risico's

Vergaande isolatie ondermijnt de aantrekkelijkheid van een MT-warmtenet

Slecht geïsoleerde huizen hebben lagere eindgebruikerskosten bij een warmtenet dan bij een *all electric* oplossing. Voor goed geïsoleerde huizen geldt het omgekeerde.

Ook voor warmtenetten is isolatie tot op zekere hoogte nodig (circa schillabel¹ D bij middentemperatuur). Maar wanneer de woningen tot circa schillabel B of beter worden geïsoleerd, neemt maatschappelijk gezien het kostenvoordeel af bij de keuze voor middentemperatuur warmtenetten².

En bij vertraging van het warmtenet kan realisatie bemoeilijkt worden als gevolg van netcongestie

Bij vertraagde ontwikkeling van een warmtenet is het aannemelijk dat een groter aandeel kleinverbruikers voor een *all electric* vorm van verwarmen kiest, wat kan leiden tot netcongestie. Voor het aansluiten van een warmtenet is er echter capaciteit nodig op het elektriciteitsnet om pompenergie en piek- en back up vermogen te faciliteren. In het geval van afgekondigde netcongestie is deze ruimte niet meer beschikbaar. Hoe langer men wacht met een besluit over het aanleggen van een warmtenet, des te groter de kans op netcongestie waardoor de mogelijkheid om een warmtenet aan te leggen sterk gecompliceerd wordt.

SAMENVATTING

Uitvoerbaarheid *all electric* warmtepomp kent verschillende obstakels, maar uitvoerbaarheid warmtenet heeft ook uitdagingen

Alle duurzame warmteoplossingen kennen hun eigen uitdagingen voor de realisatie ervan; de uitvoerbaarheid van *all electric* staat onder druk als gevolg van netcongestie en de relatief oude bouwvoorraad

De realisatie van beide warmteoplossingen hebben hun eigen impact op de bewoners, de woningen en de fysieke leefomgeving. Er is geen warmteoplossing die op alle criteria beter scoort dan andere.

All electric vereist meer netverzwaring dan een hoog- of middentemperatuur warmtenet. Gezien de netcongestie en de schaarse ruimte in Den Haag is het onzeker in hoeverre de route richting *all electric* de komende tien tot twintig jaar uitvoerbaar is voor Stedin. In het onderzoeksgebied is daarnaast één op de drie woningen vóór 1946 gebouwd. Het is uitdagend om deze oudere gebouwen vergaand (en kostenefficiënt) te isoleren (wat voor efficiënte benutting van warmtepompen nodig is). Daarnaast hebben appartementen vaak weinig ruimte (zowel binnenshuis als buitenshuis) om een individuele *all electric* warmtepomp te plaatsen.

Netbeheerders kunnen niet overal in Nederland het elektriciteitsnetwerk tijdig verzwaren. Dit kan betekenen dat bij de keuze voor *all electric* warmteoplossingen het aansluiten van nieuwe woningen en bedrijven in de stad gedurende langere tijd niet mogelijk is, dan wanneer gekozen wordt voor een warmtenet.

Het realiseren van een warmtenet kent zijn eigen uitdagingen. Zo moeten alle straten open om de warmteleidingen te plaatsen. Dit is zeer arbeidsintensief en ingrijpend. Ook is het bovengronds ruimtegebruik aanzienlijk en is technisch personeel in de warmtesector schaars. Het is de vraag of er voldoende ruimte is onder de straten om deze leidingen te plaatsen.

		 All electric warmtepomp	 HT-/MT-warmtenet
Vereist weinig aandacht Vereist veel aandacht	● ● ● ● ● ●		
Woning geschikt te maken voor warmteoplossing		● ● ● Minimaal schillabel B	● ● ● Minimaal schillabel D
Ruimtelijke impact (bovengronds)		● ● ● Aanzienlijk ruimtegebruik	● ● ● Aanzienlijk ruimtegebruik
Ruimtelijke impact (ondergronds)		● ● ● 300-700 km elektriciteitskabel	● ● ● 400-600 km warmteleiding 60-200 km elektriciteitskabel
Ruimtebeslag in de woning		● ● ● 0,5-1 m ² binnen en 0,5 m ² buiten	● ● ● 0,25 m ²
Uitvoeringscapaciteit		● ● ● Matige beschikbaarheid	● ● ● Matige beschikbaarheid
Akoestische en visuele beleving		● ● ● Buitenunit (40/45 dB)	● ● ● Geen nadelen na realisatie

SAMENVATTING

Door de kosten en baten van warmteoplossingen beter op elkaar af te stemmen krijgen warmtenetten een nieuwe impuls

Conflicterend belang tussen individu en maatschappij kan tot suboptimale keuzes leiden

Aan de hand van de casus in Den Haag zien we dat een warmtenet in dicht stedelijk gebied (met veel hoogbouw) tot de minste kosten leidt voor de maatschappij. Voor individuele eindgebruikers is aardgas of *all electric* echter vaak aantrekkelijker. Dit maakt het uitdagend om bewoners te bewegen tot de keuze voor een aansluiting op het warmtenet.

Terwijl warmtenetten moeizaam van de grond komen, kiezen sommige individuele bewoners voor vergaande isolatie en/of een warmtepomp. Vanuit hun eigen perspectief (en vanuit ogenschijnlijke duurzaamheidsoverwegingen) is dit een begrijpelijke keuze. Dit ondermijnt echter de businesscase van warmtenetten. Het warmtenet wordt daardoor moeilijker te realiseren en de eindgebruikerskosten voor de resterende gebruikers stijgen. De totale **maatschappelijke kosten** van de overstap op een warmtenet **nemen daardoor toe**. Gezien de netcongestie is het daarnaast onzeker in hoeverre de route van *all electric* de komende tien tot twintig jaar voor een grote groep gebruikers mogelijk is.

Aanpassing WIS subsidie helpt om warmtenetten te versnellen, maar er zijn ook andere uitdagingen

Om te zorgen dat warmtenetten tijdig gerealiseerd kunnen worden, dienen het individuele en het maatschappelijke belang met elkaar in lijn te worden gebracht. Dit vergt aanpassingen aan de manier waarop kosten en baten worden verdeeld tussen de verschillende warmteoplossingen.

De WIS subsidie vormt een belangrijk instrument om deze kosten en baten beter met elkaar in lijn te brengen. We zien echter dat de voorwaarden van deze subsidie in 2023 nog onvoldoende aansluiten bij de behoeften waar de markt om vraagt (zoals de rendementseis). In 2024 komen naar verwachting nieuwe voorwaarden voor de WIS beschikbaar. Dit vormt een kans om de ontwikkeling van warmtenetten een nieuwe impuls te geven.

De beschikbaarheid van aanvullende financiële middelen alleen, is echter onvoldoende om tot de beoogde mate van versnelling te komen. Ook aspecten zoals een gebrek aan vertrouwen bij eindgebruikers, zekerheid dat warmte betaalbaar blijft, hoge eindgebruikerskosten bij specifieke doelgroepen, de verdeling van risico's tussen partijen in de warmteketen en arbeidscapaciteit vormen uitdagingen. Op verschillende fronten liggen er kansen om de ontwikkeling van warmtenetten te versnellen.



1. De onderzoeksaanpak

1. ONDERZOEKSAANPAK

Analyse gericht op de kosten voor de maatschappij, de eindgebruiker en de uitvoerbaarheid van de warmteoplossingen

De onderzoeksaanpak in het kort

Er zijn twee duurzame warmteoplossingen onderzocht: Het warmtenet en individuele *all electric* warmtepompen. Deze duurzame warmteoplossingen zijn beoordeeld ten opzichte van de huidige niet-duurzame referentie: de cv-ketel op aardgas. De verschillende warmteoplossingen zijn vergeleken op basis van de kosten van de maatschappij als geheel ('nationale meerkosten') en de kosten voor de eindgebruiker, en beoordeeld op uitvoerbaarheid. Hieronder geven we een korte samenvatting van de gevolgde methodiek (Bijlage 1, 3 en 5 geven een nadere toelichting op de gevolgde methodiek).

Nationale meerkosten



- Nationale meerkosten voor woningen zijn gebaseerd op de Startanalyse (2020) van het Planbureau voor de Leefomgeving.
- De bedragen zijn uitgedrukt als meerkosten ten opzichte van de cv-ketel op aardgas.
- De analyse is op CBS-buurniveau uitgevoerd en vormt de basis voor veel keuzes in de gemeentelijke Transitievisies Warmte.
- Kosten voor netverzwaring zijn apart door Stedin berekend en verwerkt in de nationale meerkosten.
- De kosten zijn berekend voor het zichtjaar 2030.

Eindgebruikerskosten



- Eindgebruikerskosten zijn berekend met behulp van het Dashboard Eindgebruikerskosten van TNO.
- Daarbij zijn de eindgebruikerskosten voor warmtenetten bepaald aan de hand van de kostprijs+-methodiek conform de concept-Wet collectieve warmte (en dus niet volgens het NMDA-principe). Dit geeft daarmee niet de huidige, maar de verwachte toekomstige situatie weer.
- Het te ontwikkelen warmtenet in Den Haag is genomen als casus, waarbij de uitgangspunten van de businesscase van het Fakton-onderzoek integraal zijn overgenomen (incl. WIS subsidie).¹ Deze business case is niet gevalideerd.
- De kosten zijn berekend voor het zichtjaar 2030.

Uitvoerbaarheid



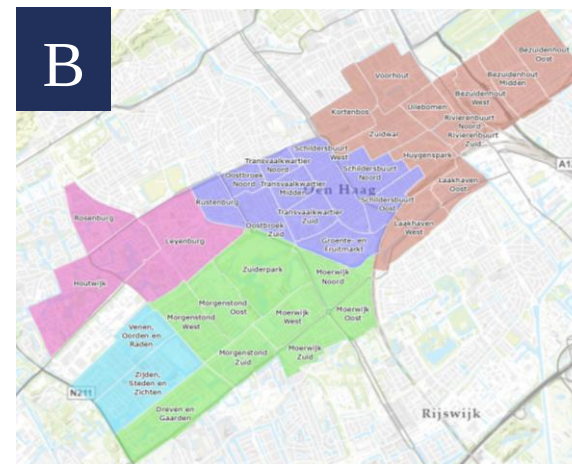
- Naast kosten is ook uitvoerbaarheid relevant. Er is daarom een kwalitatieve beoordeling gegeven van de uitvoerbaarheid van de warmteoplossingen. Daarbij is gekeken naar:
 - het geschikt maken van de woning voor de warmteoplossing
 - de bovengrondse ruimtelijke impact
 - de ondergrondse ruimtelijke impact
 - het ruimtebeslag in de woning
 - de beschikbaarheid van arbeidskrachten
 - de akoestische en visuele beleving van de warmteoplossing.

1. ONDERZOEKSAANPAK

Den Haag als casus: plan voor de ontwikkeling van een nieuw warmtenet

In de gemeente Den Haag zijn er kansen voor de ontwikkeling en uitbreiding van een hoge temperatuur of middentemperatuur* (HT-/ MT-) warmtenet. Lage temperatuur warmtenetten zijn niet meegenomen in de analyse van dit onderzoek. Onder meer de hoge gebouwdichtheid, het aandeel gestapelde gebouwen en een relatief groot aandeel huurwoningen maken het gebied kansrijk voor verduurzaming met een warmtenet.

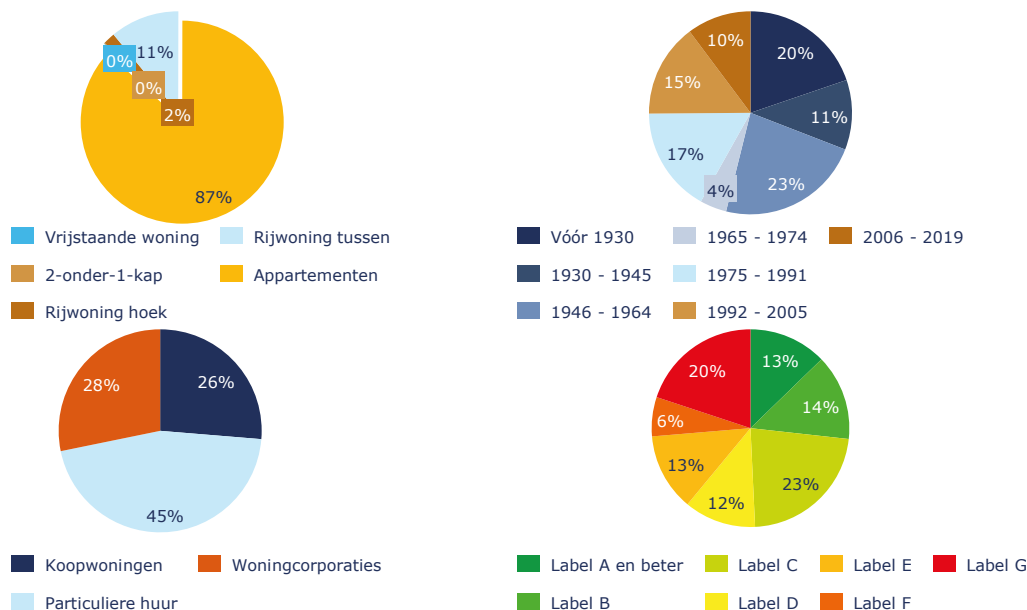
De afgelopen jaren heeft de gemeente voorbereidende werkzaamheden getroffen om dit net te ontwikkelen. In december 2023 is echter besloten de ontwikkeling voorlopig stil te leggen. Er is voor de betrokken partijen onvoldoende perspectief op een rendabel project. Dit project is geselecteerd als casus voor dit onderzoek. Er zijn veel gegevens beschikbaar en er is perspectief voor de ontwikkeling van een warmtenet..



Onderzoeksgebied voor ontwikkeling warmtenet

De gegevens van de casus op een rij

- Het onderzoeksgebied telt 111.000 woningen. Het Fakton-onderzoek gaat uit van 73.000 aansluitingen. Het onderzoeksgebied telt daarnaast bijna 15.000 utiliteitsgebouwen.
- 87% van de woningen is van het type appartement. Er zijn bijna geen vrijstaande en 2-onder-1-kap-woningen.
- Particuliere huur heeft het grootste aandeel met 45%. Ruim een kwart is corporatiebezit en een kwart is koopwoning.
- De woningen in deze buurten zijn relatief oud. Eén op de drie woningen is vooroorlogs.
- De energielabels zijn ongeveer gelijk verdeeld over de woningen. Een kwart van de woningen heeft een laag energielabel (F of G) en een kwart heeft een hoog energielabel (A of B).



*Een middentemperatuur warmtenet gebruikt water met hogere temperaturen (70°C - 120°C), terwijl een laagtemperatuur warmtenet water met lagere temperaturen (30°C - 60°C) gebruikt. In het geval van oude woningen met een laag energielabel is een hoge temperatuur warmtenet, indien geschikte warmtebronnen aanwezig zijn, vaak koste efficiënter dan laagtemperatuur warmtenetten.



2. Perspectief vanuit de maatschappij: nationale meerkosten

RESULTATEN: NATIONALE MEERKOSTEN

Laagste nationale meerkosten bij keuze voor warmtenetten in onderzoeksgebied Den Haag

De nationale kosten zijn alle kosten die gemaakt moeten worden om een warmtenet of individuele warmteoplossingen te realiseren. Het gaat daarbij om de kosten van het realiseren van de duurzame warmtebronnen, de benodigde infrastructuur en installaties, en de isolatie van de woningen. Er wordt daarbij geen onderscheid gemaakt tussen de partijen die deze kosten dragen. De kosten voor de netverzwaring zijn voor deze casus ingeschat en toegevoegd. Wij spreken over nationale meerkosten ten opzichte van aardgas. Hoewel niet duurzaam, leidt de fossiele referentie (cv-ketel op aardgas) over het algemeen tot lagere kosten (veel investeringen in infrastructuur zijn bijvoorbeeld al gedaan). Alle kosten in dit onderzoek worden dus uitgedrukt als **relatief verschil ten opzichte van aardgas**. Zie Bijlage 3 voor een verdere toelichting.

Warmtenet geeft laagste nationale meerkosten

Van alle duurzame warmteoplossingen geeft het warmtenet de laagste nationale kosten. De totale **nationale meerkosten** (ten opzichte van aardgas) voor alle woningen in de 36 buurten in het onderzoeksgebied zijn:

€ 75.000.000,- per jaar

Prijspeil 2019
Nationale meerkosten **per woning**:
€730,- per jaar

Verschillende warmtebronnen kunnen het net voeden

Verdeling van het aantal buurten per type warmtenet bij laagste nationale meerkosten.¹



Toelichting bij resultaten

- Het zijn nationale meerkosten ten opzichte van de huidige situatie (cv-ketel op aardgas).
- Voor de berekening van de nationale meerkosten is ervan uitgegaan dat 100% van de gebouwen (woningen + utiliteitsgebouwen) kiest voor deze warmteoplossing (conform uitgangspunten Startanalyse). Dit is een versimpeling van de werkelijkheid en dit wijkt af van zowel de aannames eindgebruikerskosten als de studie door Fakton.
- In de vergelijking zijn de inzet van een hybride warmtepomp met groen gas en een cv-ketel op waterstof niet meegenomen als warmteoplossingen. Deze opties leiden tot lagere nationale meerkosten, maar de beschikbaarheid van waterstof of groengas is beperkt. Het is niet de verwachting dat deze energiedragers op grote schaal beschikbaar zullen zijn voor de gebouwde omgeving. Zij kunnen het beste ingezet worden waar alternatieven het moeilijkst te realiseren zijn (en dat is niet binnen het onderzoeksgebied in Den Haag).

RESULTATEN: NATIONALE MEERKOSTEN

40% hogere nationale meerkosten bij de keuze voor individuele elektrische warmtepompen; isolatie van woningen is een aandachtspunt

De overstap op een warmtenet leidt tot lagere nationale kosten dan individuele warmtepompen. Daarbij is er voor het warmtenet van uitgegaan dat de woningen tot minimaal schillabel D¹ geïsoleerd worden.

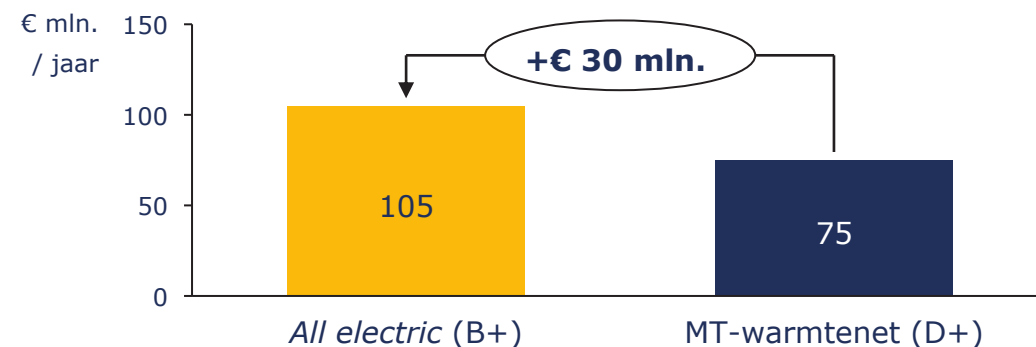
De figuren tonen het verschil in nationale meerkosten van het warmtenet ten opzichte van de overstap naar individuele *all electric* oplossingen (met isolatie naar minimaal schillabel B), of ten opzichte van het warmtenet in combinatie met isolatie naar minimaal schillabel B.

De bevindingen zijn als volgt:

- De nationale meerkosten zijn **40% hoger** in het geval dat alle woningen in het onderzoeksgebied op een **individuele elektrische warmtepomp** overgaan.
- In het geval dat het warmtenet gerealiseerd wordt, maar de woningen tegelijkertijd fors inzetten op isolatie (naar schillabel B of beter), dan lopen de nationale kosten op met 25 miljoen euro op ten opzichte van de strategie waar de woningen naar energielabel D gaan. Vanuit een maatschappelijk perspectief zijn de kosten dus het laagst voor een warmtenet gecombineerd met een beperkte inzet op isolatie. Het **maatschappelijk voordeel** (t.a.v. de nationale kosten) van het warmtenet **verdwijnt grotendeels als de woningen** in het onderzoeksgebied **fors inzetten op isolatie**. Het warmtenet en *all electric* oplossingen worden dan ongeveer gelijkwaardig. Het comfort neemt wel toe bij meer isolatie en er kunnen meer afnemers aangesloten worden op de duurzame warmtebron(nen).

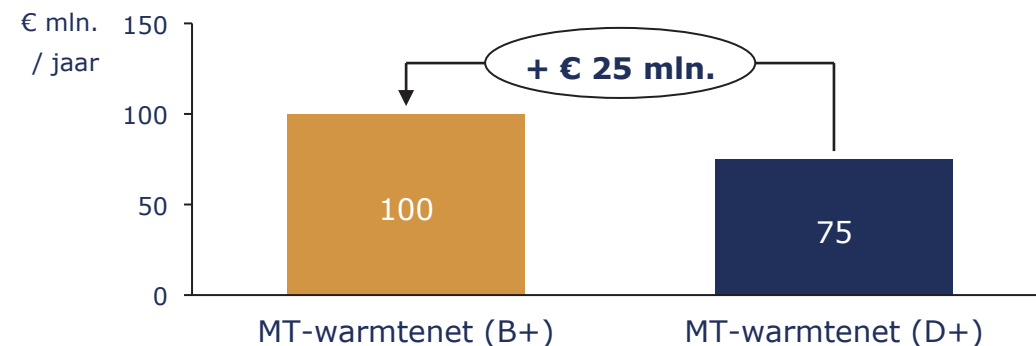
Nationale kosten voor warmtenetten liggen lager dan voor *all electric* opties

Deze figuur toont de jaarlijkse nationale meerkosten wanneer elke woning een *all electric* warmtepomp aanschaft of aansluit op een MT-warmtenet.



Hogere nationale meerkosten bij norm energielabel B+

Deze figuur toont de nationale meerkosten wanneer elke woning, aangesloten op een MT-warmtenet, naar minimaal een B+ schillabel óf naar een D+ schillabel gaat.



RESULTATEN: NATIONALE MEERKOSTEN

Nationale kosten voor warmtepompen liggen grotendeels bij woningeigenaren, kosten warmtenetten bij eigenaren van warmtenetten

Nationale kosten zijn anders verdeeld per warmtestrategie

Hoe de kosten van warmteoplossingen verdeeld worden tussen partijen verschilt sterk per warmtestrategie. De figuur rechts toont de verdeling van de kosten tussen de woningeigenaar, de netbeheerder en de ontwikkelaar van het warmtenet. Dit zijn de netto kosten (totale kosten minus de baten, zoals vermeden inkoop van aardgas).

Te zien is dat bij warmtepompen de kosten voornamelijk bij de woningeigenaren liggen (investeringen in isolatie en aanschaf van de warmtepomp). In het geval van woningcorporaties en particuliere verhuurders zijn deze kosten dus voor de verhuurders. Deze kosten worden (deels) doorberekend aan de huurders. Hoofdstuk 4 gaat hier dieper op in.

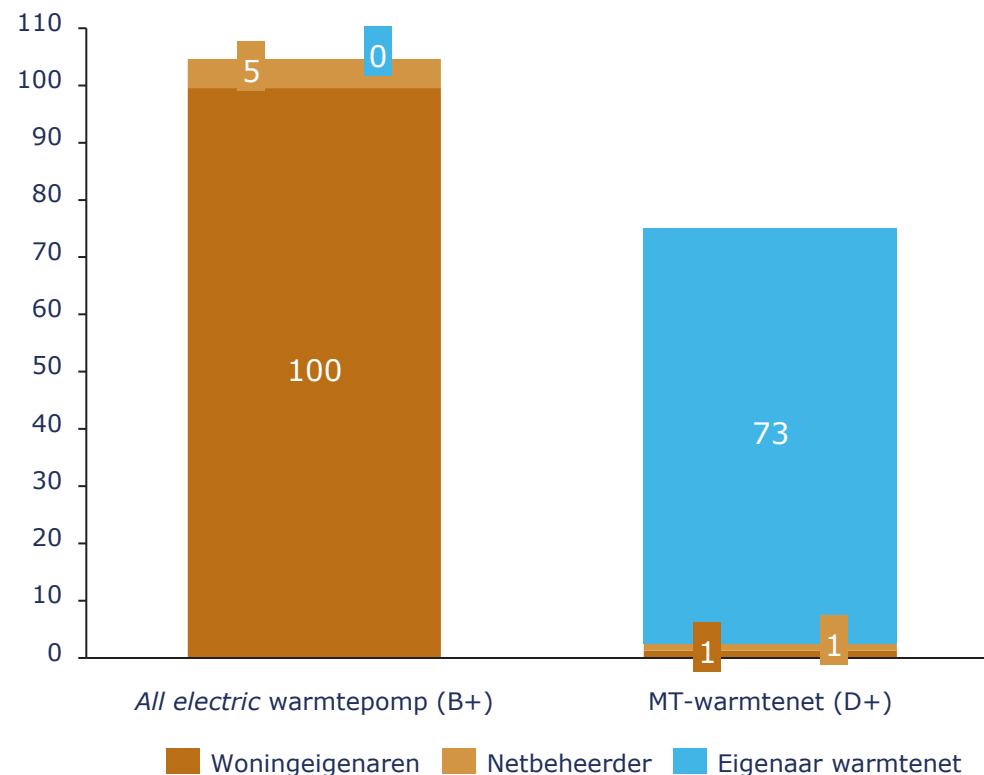
Het grootste deel van de kosten voor de netbeheerder zijn het gevolg van kosten voor netverzwaring. Voor *all electric* warmtepompen is dit ongeveer 8 miljoen euro per jaar. Voor warmtenetten ligt dit rond de 4 miljoen euro per jaar. We nemen aan dat de 4 miljoen euro voor warmtenetten ook noodzakelijk is in de referentiesituatie in 2030. De meerkosten voor *all electric* warmtepompen is dus ongeveer 4 miljoen per jaar. Deze kosten zijn gesocialiseerd, waardoor dus niet alleen gebruikers van warmtepompen deze kosten dragen. De kosten voor netverzwaring vormen echter wel maar een klein aandeel van de totale nationale meerkosten bij *all electric*. Het grootste deel van de kosten ligt bij de woningeigenaren.

De kosten voor het warmtenet zijn voornamelijk voor rekening van de ontwikkelaar van het net (let wel, deze kosten worden uiteindelijk doorberekend aan de afnemer van de warmte, inclusief een rendements- en risico-opslag).

Bijlage 2 toont een verdere uitsplitsing van de nationale kosten. Ook gaan we in op de consequenties voor Stedin en het elektriciteitsnetwerk indien in Den Haag geen warmtenet wordt ontwikkelt.

Uitsplitsing nationale kosten AE en MT-warmtenet

De figuur laat een uitsplitsing zien van de nationale kosten ten opzichte van de referentiesituatie in 2030 (cv-ketels op aardgas).
€ mln.





3. Perspectief vanuit de afnemer: eindgebruikerskosten



RESULTATEN: EINDGEBRUIKERSKOSTEN

All electric is voor de individuele eindgebruiker gemiddeld voordeliger dan het warmtenet; aardgas blijft het goedkoopste

Het Eindgebruikerskosten-model van TNO

Het 'Dashboard Eindgebruikerskosten' is ontwikkeld door TNO om inzicht te krijgen in de eindgebruikerskosten van verschillende warmtestrategieën voor verschillende eindgebruikers. De eindgebruikerskosten zijn de geraamde jaarlijkse kosten die een huishouden maakt voor de verduurzaming van de woning, minus de baten die hiertegenover staan in de vorm van jaarlijkse besparing op energie-uitgaven, ten opzichte van de situatie zonder de verduurzamingsmaatregelen.

We sluiten zoveel mogelijk aan bij de aannames die in het Eindgebruikerskosten-model van TNO zijn gedaan. Bij de kosten voor warmtenetten wijken we op onderdelen van het model af.

We nemen namelijk aan dat er:

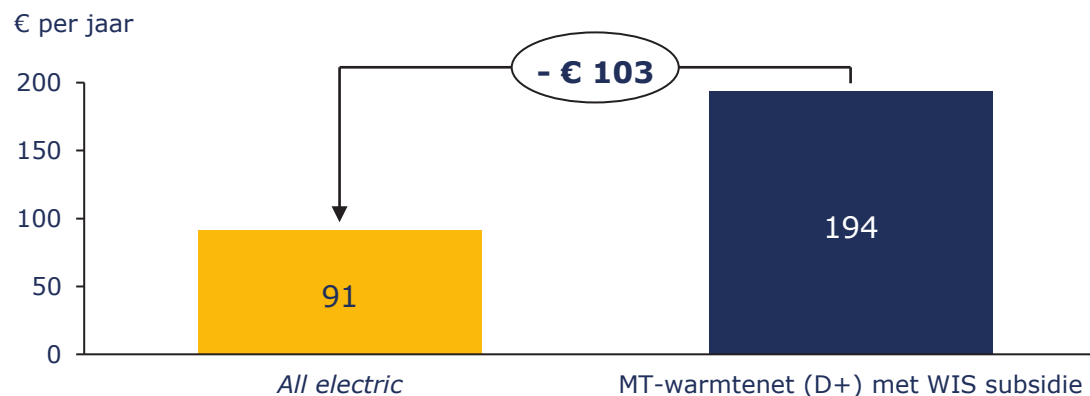
- een vastrecht van € 967,- (inclusief BTW) is, en
- een bijdrage aansluitkosten (BAK) van € 0,- is.
- Een WIS subsidie toegekend wordt op basis van de voorwaarden in 2023

Op basis van de Fakton-businesscase voor het warmtenet van Den Haag zouden dit de kosten voor een aansluiting bedragen, uitgaande van het kostprijs+-systeem¹ (en dus niet het huidige niet-meer-dan-anders-principe²). In Bijlage 3 lichten wij onze keuzes en aannames verder toe.

1) Het kostprijs+-systeem gaat uit van de kosten van een warmtenet waarbij een (gereguleerde) winstmarge wordt toegevoegd om het tarief te bepalen.
 2) Op basis van het NMDA-principe vindt de afrekening plaats op basis van een fictief bedrag dat de gebruiker ook kwijt zou zijn aan warmte geleverd door een gangbare installatie zoals een cv-ketel op aardgas.
 3) Naast een effect op de eindgebruikerskosten leiden de investeringen tot een hogere woningwaarde. Dit effect is alleen niet optelbaar bij de eindgebruikerskosten. Investerings zijn daarin verdisconteerd. Bij vroegtijdige verkoop van de woning vallen de eindgebruikerskosten dus hoger uit, maar dit wordt gecompenseerd door de hogere woningwaarde.

Gemiddelde eindgebruikerskosten per warmteoplossing

Deze figuur toont de gemiddelde individuele eindgebruikerskosten ten opzichte van het gebruik van aardgas, voor de woningen in het onderzoeksgebied (gewogen gemiddelde van alle woningen). Te zien is dat de referentie op aardgas de laagste eindgebruikerskosten heeft, daarna *all electric* en tot slot het warmtenet. Daarbij gaat het wel om **relatief bescheiden meerkosten** ten opzichte van aardgas³. Een hogere aardgasprijs leidt al snel tot hogere kosten voor een cv ketel op aardgas ten opzichte van een *all electric* warmtepomp of een aansluiting op het warmtenet.



Op basis van de modeluitgangspunten en een gemiddelde woning, leidt *all electric* tot een verhoging van **€ 8,- in de maandelijkse kosten**, en leidt aansluiting op het warmtenet tot een verhoging van **€ 16,- in de maandelijkse kosten**. De kosten **verschillen echter sterk per woning**.

RESULTATEN: EINDGEBRUIKERSKOSTEN

WIS subsidie van groot belang voor aantrekkelijkheid warmtenetten

Wat is de WIS?

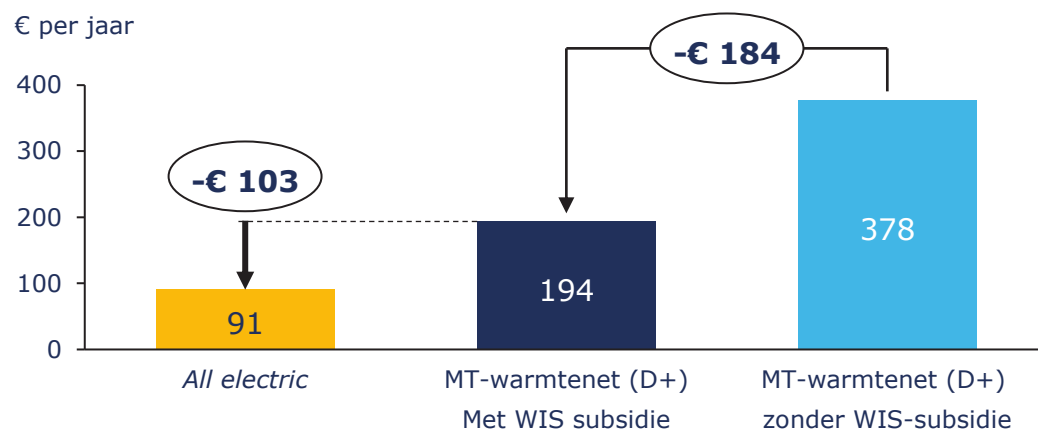
De Warmtenetten Investeringssubsidie (WIS) is een subsidieregeling voor de aanleg van nieuwe warmtenetten. De subsidie is alleen bestemd voor warmtenetten die de bestaande woningen aardgasvrij maken. Alleen projecten die al in een vergevorderd stadium zijn, komen in aanmerking voor de WIS. Zo moet na toekenning van de subsidie het definitieve investeringsbesluit binnen één jaar zijn genomen en binnen drie jaar zijn gestart met de fysieke aanleg van het warmtenet. Vervolgens dient minimaal 60 % van de kleinverbruikersaansluitingen binnen zeven jaar na toekenning van de WIS te zijn gerealiseerd. Op dat moment wordt dan de hoogte van de subsidie definitief vastgesteld. Alles wat daarna nog extra aansluit is dus extra. Zodoende dekt het ook een deel van het volloop risico.

Het effect van de WIS op de eindgebruikerskosten is groot

In de grafiek aan de rechterkant is te zien de voor Den Haag veronderstelde WIS tot een forse reductie van eindgebruikerskosten leidt. We zien echter dat de WIS subsidie onvoldoende is om de aansluiting op een warmtenet aantrekkelijker te maken dan de *all electric*-optie, laat staan aantrekkelijker dan de referentie (cv-ketel op aardgas). Hier is overigens uitgegaan van de voorwaarden voor de WIS subsidie van 2023. Naar verwachting wordt het subsidiebedrag in 2024 gunstiger.

Door hoge rendementseis valt WIS subsidie in Den Haag relatief laag uit

In de businesscase van Den Haag¹ is een WIS subsidie van € 212 miljoen euro verondersteld. Dit komt neer op ongeveer € 3.000 per woning. De WIS staat een bedrag van € 6.000 per woning toe (conform voorwaarden in 2023). Dit is echter gebaseerd op een verondersteld rendement van 4,23%. De rendementseis in de businesscase van Den Haag ligt op 7%. Hierdoor wordt slechts een deel van de kosten door de WIS subsidie vergoed. Indien in de **WIS een hogere rendementseis** mogelijk zou zijn (en/of in de **business case een lagere rendementseis** gehanteerd kan worden), dan zou het financieringsgat kleiner worden of verdwijnen (en **dalen de eindgebruikerskosten**). In 2024 worden de nieuwe voorwaarden voor de WIS subsidie verwacht.



Deze figuur toont eindgebruikerskosten (t.o.v. aardgas) voor de woningen als ze op *all electric* of een warmtenet (met én zonder WIS subsidie) overgaan.

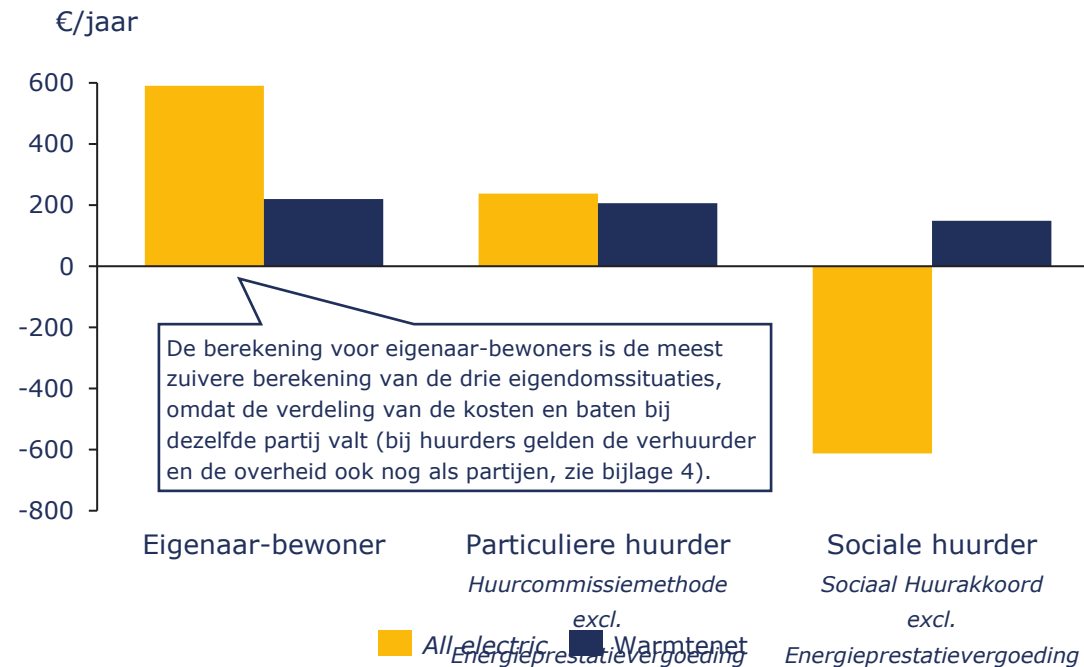
RESULTATEN: EINDGEBRUIKERSKOSTEN

Achter het gemiddelde schuilen grote verschillen: huurders profiteren van de aanschaf van een warmtepomp en isolatie door verhuurder

Op pagina 16 is gekeken naar een gemiddelde woning in het onderzoeksgebied. Op deze pagina zien we de resultaten van een gemiddelde koopwoning, en een gemiddelde particuliere of sociale huurwoning.

Eindgebruikerskosten per type bewoner

Deze figuur toont de eindgebruikerskosten **ten opzichte van aardgas** voor de woningen in het onderzoeksgebied op basis van eigendomssituatie.^{1,2}



Financieel gunstigste oplossing verschilt per type bewoner

- Voor eigenaar-bewoners (koopwoningen) is het warmtenet een aantrekkelijke verduurzamingsoptie. Aardgas houdt de laagste kosten.
- Voor particuliere huurders is er weinig verschil in kosten tussen de warmtepomp en het warmtenet.
- Sociale huurders hebben juist (fors) lagere eindgebruikerskosten bij de keuze voor een individuele elektrische warmtepomp, ook ten opzichte van aardgas. Dit komt doordat de meeste kosten worden gedragen door de woningcorporatie.
 - Uitgaande van een kostenverdeling o.b.v. het Sociaal Huurakkoord. Ook rekent het Eindgebruikerskostenmodel zonder eventuele Energieprestatievergoeding. Dit zijn bepalende aannames voor deze eindgebruikerskosten.

Dat *all electric* voor de eindgebruikers gemiddeld genomen voordeliger uitvalt komt door het grote aandeel sociale huurwoningen in het onderzoeksgebied

- De woningcorporaties kunnen niet alle kosten voor *all electric* doorbelasten naar de huurders (uitgaande van het Sociaal huurakkoord). Dit maakt het voor hun aantrekkelijk om te kiezen voor warmtenetten.
- Voor de sociale huurders heeft *all electric* of blijven op aardgas juist de voorkeur.

1) De kosten voor huurders bij een *all electric* oplossing zijn sterk afhankelijk van de mate waarin gebouweigenaren deze kosten aan hun huurders kunnen doorberekenen. Omdat dit volgens de huurcommissiemethode en zeker volgens het Sociaal Huurakkoord maar in beperkte mate kan, is dit erg voordelig voor huurders. Bijlage 4 gaat hier dieper op in.

2) Bij deze resultaten is aangenomen dat de eigendomssituatie (26% koop, 45% particuliere huur en 28% woningcorporatie) evenredig is verdeeld over de gebouw-typologieën en energielabels. In de praktijk zien we dat vrijstaande en 2-onder-1-kap-woningen vaker onder koopwoningen vallen en appartementen vaker huurwoningen zijn.

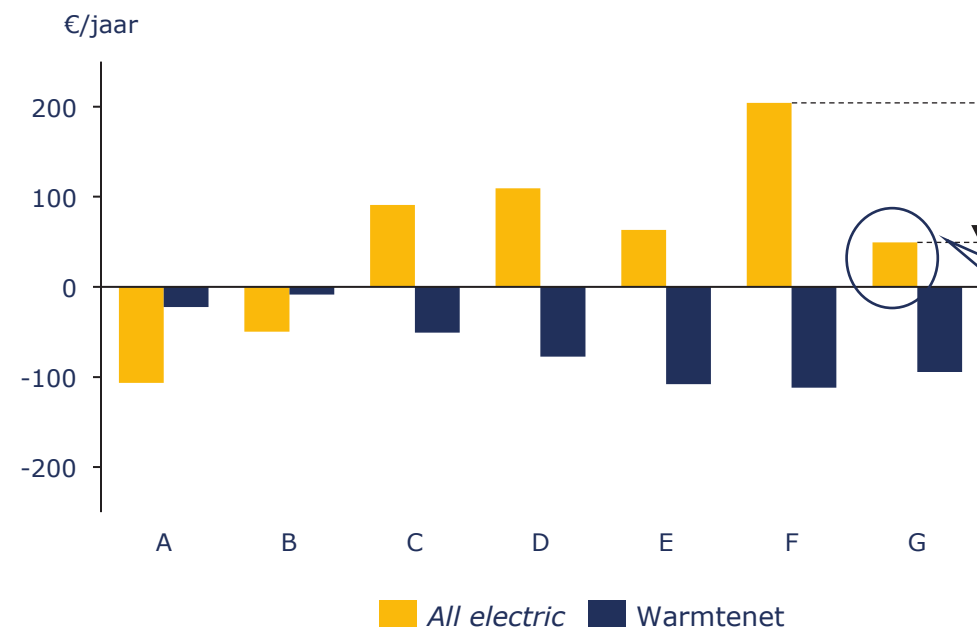
RESULTATEN: EINDGEBRUIKERSKOSTEN

Warmtepomp voordelig bij een hoog energielabel; warmtenet juist voordeliger bij lage energielabels

Het isolatieniveau van de woning bepaalt ook welke oplossing tot de laagste kosten leidt. Onderstaande grafiek toont de kosten per energielabel voor een gemiddelde woning in het onderzoeksgebied.

Eindgebruikerskosten per energielabel

Deze figuur toont de eindgebruikerskosten voor *all electric* en een warmtenet **ten opzichte van aardgas** voor een gemiddelde woning in het onderzoeksgebied.



Bij de lage energielabels (E, F, G) vallen warmtenetten gunstiger uit voor de eindgebruiker

In linkergrafiek zien we de volgende trend:

- Naarmate het energielabel beter is, nemen de eindgebruikerskosten voor de individuele elektrische warmtepomp af en nemen de kosten voor een warmtenet toe.
- Naarmate het energielabel lager is, nemen de kosten voor een individuele elektrische warmtepomp toe en nemen de kosten voor een warmtenet af. Het omslagpunt ligt tussen label B en C.

Dit bevestigt het gangbare inzicht dat warmtenetten vooral voordelig zijn bij slecht geïsoleerde woningen (en bij voorkeur bestaande woningen die ook in de toekomst moeilijk te isoleren zijn). Woningen die reeds goed geïsoleerd zijn kunnen vanuit financieel oogpunt het beste overstappen op een warmtepomp.

De eindgebruikerskosten bij woningen met energielabel G, die kiezen voor een *all electric* warmtepomp, breken de trend die hierboven staat beschreven. Dit heeft mogelijk te maken met 'outliers*' in de onderliggende data van het Dashboard Eindgebruikerskosten.

RESULTATEN: EINDGEBRUIKERSKOSTEN

'One size fits all' bestaat niet, de kosten voor de vele typen eindgebruikers verschillen onderling fors

Er is niet één warmteoplossing die voor alle gebruikers tot de laagste kosten leidt

De eindgebruikerskosten verschillen fors per warmtestrategie. De kosten zijn afhankelijk van de eigendomssituatie, woningtypologie, het energielabel en het gedrag van de eindgebruiker. Dit betekent dat er niet één strategie is die voor alle eindgebruikers voordelig is. Er zijn altijd eindgebruikers die meer zullen gaan betalen én eindgebruikers die minder kwijt zullen zijn aan de verwarming van hun woning.

Het model biedt inzicht in verschillende typen eindgebruikers. Er wordt onder andere onderscheid gemaakt tussen vijf verschillende woningtypen, zeven isolatieniveaus en drie niveaus van energieverbruik (laag, gemiddeld en hoog). Hiermee wordt voor veel verschillende doelgroepen de verdeling van kosten binnen en tussen warmtestrategie(-varianten) inzichtelijk.

Voorbeeld van enkele resultaten

Deze figuur toont de resultaten* uit het Dashboard Eindgebruikerskosten van TNO voor de casus in Den Haag. Te zien is dat sommige groepen minder betalen dan bij aardgasverbruik (groene tinten) of meer dan bij aardgasverbruik (gele en oranje tinten).

Koopwoningen				Particuliere huur				Sociale huur			
Woningtype	Referentie energielabel	AE	MT Wnet	Woningtype	Referentie energielabel	AE	MT Wnet	Woningtype	Referentie energielabel	AE	MT Wnet
Vrijstaand	A	€ -443,54	€ -302,29	Vrijstaand	A	€ -	€ -192,28	Vrijstaand	A	#N/B	#N/B
	B	€ -331,21	€ -328,57		B	#N/B	#N/B		B	#N/B	#N/B
	C	€ 252,88	€ -542,91		C	€ -210,84	€ -473,57		C	€ -1.315,90	€ -509,86
	D	€ 412,17	€ -606,64		D	€ 428,45	€ -497,38		D	#N/B	#N/B
	E	€ 542,68	€ -518,35		E	€ 680,10	€ -574,78		E	€ -1.623,13	€ -709,73
	F	€ 772,01	€ -368,01		F	€ 589,44	€ -441,84		F	#N/B	#N/B
	G	€ 1.265,90	€ 360,94		G	€ 986,12	€ 441,42		G	#N/B	#N/B
Rijwoning hoek	A	€ -35,61	€ 127,95	Rijwoning hoek	A	€ -123,64	€ 195,84	Rijwoning hoek	A	€ -849,93	€ 105,23
	B	€ -35,47	€ 21,43		B	€ -58,83	€ 129,60		B	€ -805,40	€ 1,45
	C	€ 527,13	€ -35,35		C	€ 161,51	€ 59,83		C	€ -785,46	€ -14,55
	D	€ 849,84	€ -119,50		D	€ 820,88	€ -11,75		D	€ -847,36	€ -43,10
	E	€ 768,06	€ -55,67		E	€ 664,16	€ -97,24		E	€ -925,14	€ -117,09
	F	€ 657,68	€ -58,99		F	€ -597,08	€ -308,62		F	€ -983,95	€ -177,57
	G	€ 620,25	€ 262,45		G	#N/B	#N/B		G	€ -964,59	€ -146,51
Rijwoning tussen	A	€ 61,70	€ 202,36	Rijwoning tussen	A	€ -39,30	€ 283,40	Rijwoning tussen	A	€ -775,86	€ 153,30
	B	€ 58,17	€ 125,24		B	€ 7,29	€ 225,51		B	€ -702,17	€ 103,74
	C	€ 625,48	€ 87,93		C	€ 223,77	€ 172,97		C	€ -654,15	€ 106,65
	D	€ 759,49	€ 21,39		D	€ 158,54	€ 79,17		D	€ -734,84	€ 67,47
	E	€ 672,48	€ 58,65		E	€ 221,02	€ 24,90		E	€ -774,15	€ 30,05
	F	€ 778,08	€ 180,87		F	€ 689,66	€ 136,02		F	€ -745,22	€ 67,56
	G	€ 744,71	€ 289,22		G	€ 46,49	€ 134,17		G	€ -625,91	€ 228,86
Appartement	A	€ 200,67	€ 362,55	Appartement	A	€ 135,06	€ 413,29	Appartement	A	€ -616,62	€ 342,00
	B	€ 213,30	€ 328,96		B	€ 150,81	€ 375,49		B	€ -512,64	€ 286,71
	C	€ 654,40	€ 271,13		C	€ 176,79	€ 306,52		C	€ -559,76	€ 293,43
	D	€ 722,29	€ 221,92		D	€ 159,16	€ 245,25		D	€ -545,84	€ 312,96
	E	€ 679,89	€ 276,63		E	€ 118,58	€ 191,48		E	€ -605,81	€ 256,18
	F	€ 777,74	€ 347,46		F	€ 311,55	€ 222,08		F	€ -634,69	€ 231,69
	G	€ 921,49	€ 530,20		G	€ 438,43	€ 404,06		G	€ -675,57	€ 181,54
2 onder 1 kap	A	€ -145,39	€ 2,75	2 onder 1 kap	A	€ -171,38	€ 112,35	2 onder 1 kap	A	€ -1.001,87	€ -26,42
	B	€ -131,51	€ -86,91		B	#N/B	#N/B		B	#N/B	#N/B
	C	€ 438,45	€ -180,18		C	€ -114,58	€ -112,48		C	€ -964,99	€ -181,97
	D	€ 785,76	€ -231,82		D	€ 649,99	€ -160,55		D	€ -888,07	€ -46,09
	E	€ 1.003,59	€ -194,44		E	€ 598,02	€ -207,16		E	€ -1.018,02	€ -168,64
	F	€ 908,00	€ -72,10		F	€ 785,47	€ -248,77		F	#N/B	#N/B
	G	€ 869,56	€ 273,74		G	€ 946,64	€ 426,86		G	€ -958,64	€ -135,75

* Bovenstaand overzicht presenteert de resultaten van het Dashboard Eindgebruikerskosten (TNO) voor de strategieën all electric warmtepomp en MT-warmtenet. De kosten zijn de kosten **ten opzichte van een cv-ketel op aardgas**. Waarden boven de € 0,- representeren een warmteoplossing voor een bepaald type woning die duurder is dan de referentie. Waarden onder de € 0,- representeren een warmteoplossing voor een bepaald type woning die goedkoper is dan de referentie.

RESULTATEN: EINDGEBRUIKERSKOSTEN

Prognoses voor 2030 hebben een onzekerheid; de bandbreedtes van eindgebruikerskosten zijn bij *all electric* groter dan bij warmtenetten

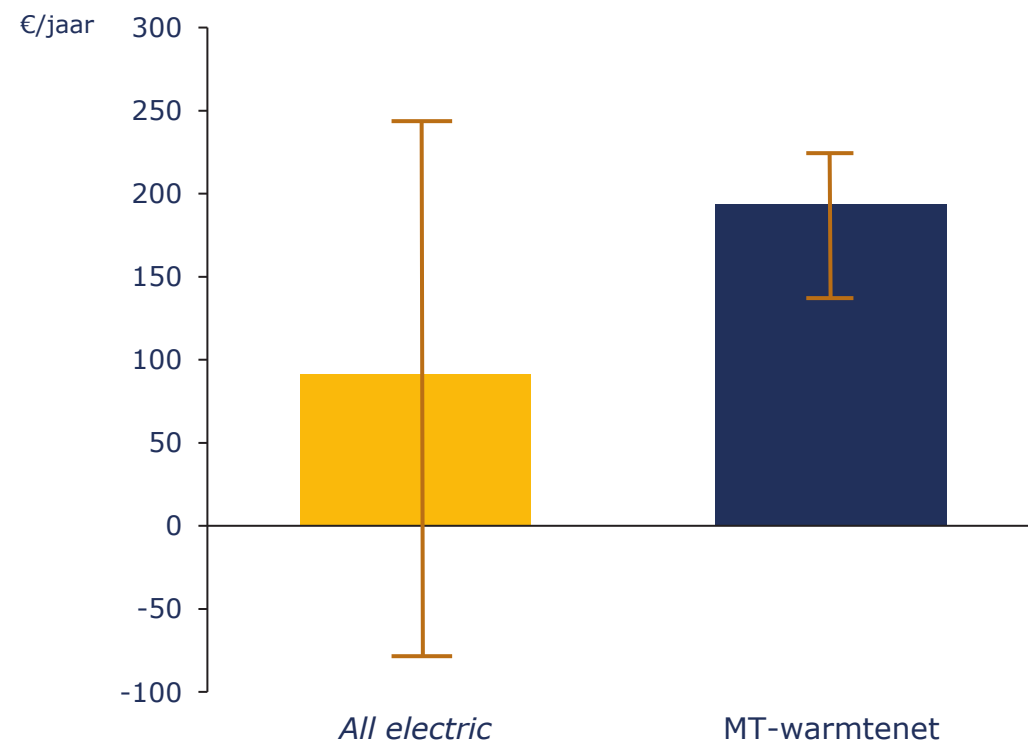
ETS-2-prijs kan duurzame warmteoplossingen aantrekkelijker maken dan aardgas

De eindgebruikerskosten in 2030 zijn afhankelijk van toekomstige ontwikkelingen zoals energieprijzen, investeringskosten en wet- en regelgeving. Er zijn daarom verschillende gevoeligheidsanalyses uitgevoerd om de robuustheid van de uitkomsten te toetsen. Hieronder geven wij de belangrijkste conclusies op basis van deze gevoeligheidsanalyses. Bijlage 4 gaat hier dieper op in.

- De geplande Europese CO₂-beprijzing voor de gebouwde omgeving heeft grote invloed op de eindgebruikerskosten. Vanaf een **ETS-2-prijs** van circa €60,- / ton voor *all electric* en circa €120,- / ton voor warmtenetten worden deze **aantrekkelijker dan aardgas** (voor een gemiddelde woning).
- De algemene **onzekerheidsbandbreedte** van de eindgebruikerskosten van ***all electric*** is aanzienlijk **groter** dan die van warmtenetten (zie figuur rechts).
- De eindgebruikerskosten van **warmtenetten** zijn onder verschillende toekomstscenario's robuuster en bieden meer **bescherming tegen fluctuerende energieprijzen**.
- Voor warmtenetten is de hoogte van het vastrecht bepalend voor de eindgebruikerskosten. De **aansluitingsgraad van de utiliteitsgebouwen** en de **kapitaallasten (WACC)** zijn van grote invloed op het vastrecht. Wij zien dit als één van de meest onzekere factoren voor de kosten van het warmtenet in Den Haag.

Gevoeligheidsanalyses voor individuele elektrische warmtepompen en een MT-warmtenet

De figuur laat de bandbreedtes (op basis van het Dashboard Eindgebruikerskosten van TNO) zien van de gemiddelde eindgebruikerskosten voor een *all electric* warmtepomp en een aansluiting op het MT-warmtenet.





4. Perspectief vanuit de uitvoerbaarheid van de warmteoplossingen

RESULTATEN: UITVOERBAARHEID

Verschillende uitdagingen belemmeren de uitvoering van *all electric* warmtepompen en HT-/MT-warmtenetten

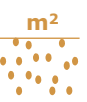
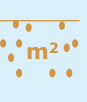
Naast de kosten is ook de uitvoerbaarheid van warmteoplossingen beoordeeld. Dit betreft een indicatieve en kwalitatieve beoordeling, met beperkte diepgang.

Obstakels uitvoerbaarheid bij *all electric* warmtepompen

- Woningen dienen vergaand geïsoleerd te worden. Met name voor vooroorlogse woningen is het uitdagend en ingrijpend om deze tot een acceptabel niveau te isoleren.
- Het plaatsen van transformatorstations en elektriciteitskabels vereist aanzienlijke ruimte.
- Het ruimtegebruik in de woning is relatief groot. Zeker gezien het grote aandeel appartementen vormt dit een aandachtspunt.
- Ook plaatsing van de buitenunit is voor appartementen een uitdaging. Dit leidt tot akoestische en visuele aandachtspunten.
- Deze oplossing vereist de grootste netverzwaring. Stedin heeft hiervoor beperkte capaciteit. Netcongestie zal bij deze route naar verwachting het langste aanhouden.

Obstakels uitvoerbaarheid bij een HT-/MT-warmtenet

- Warmteoverdrachtstations, onderstations en transformatorstations nemen veel bovengrondse ruimte in. Er moeten meer straten open en er moet dieper gegraven worden.
- Ondergronds vereisen de warmteleidingen veel ruimte. Inpassing in het straatprofiel vormt een aandachtspunt.
- Alle straten moeten open. Dit is ingrijpend en arbeidsintensief. Beschikbaarheid van technisch personeel vormt een aandachtspunt.

	 All electric warmtepomp	 HT-/MT-warmtenet	 Cv-ketel op aardgas
Woning geschikt te maken voor warmteoplossing 	● ● ● Minimaal schillabel B	● ● ○ Minimaal schillabel D	● ○ ○ Woningen geschikt
Ruimtelijke impact (bovengronds) 	● ● ● Ruimtegebruik door veel verzwaring elektriciteits-infrastructuur	● ● ● Ruimtegebruik door warmtenet en elektriciteits-infrastructuur	● ● ○ Ruimtegebruik door verzwaring elektriciteits-infrastructuur
Ruimtelijke impact (ondergronds) 	● ● ○ 300-700 km elektriciteitskabel	● ● ● 400-600 km warmteleiding 60-200 km elektriciteitskabel	● ○ ○ 60-200 km elektriciteitskabel
Ruimtebeslag in de woning 	● ● ● 0,5-1 m² binnen en 0,5 m² buiten	● ○ ○ 0,25 m²	● ○ ○ 0,25 m²
Uitvoeringscapaciteit 	● ● ○ Matige beschikbaarheid	● ● ○ Matige beschikbaarheid	● ○ ○ Redelijke beschikbaarheid
Akoestische en visuele beleving 	● ● ● Buitenunit (40/45 dB)	● ○ ○ Geen nadelen na realisatie	● ○ ○ Geen nadelen

Vereist weinig aandacht ● ○ ○

Vereist veel aandacht ● ● ●

Mogelijkheden voor verdieping van het onderzoek

We zien kansen voor verdieping om conclusies nader te onderbouwen en nieuwe onderzoeksvragen ontstaan

Dit onderzoek had een verkennend karakter. We zien dan ook kansen om de inzichten nader te onderzoeken en er zijn nieuwe onderzoeksvragen ontstaan. Hieronder gaan we kort op deze punten in.

Kansen voor verdieping van het onderzoek

- **Meerdere casussen:** Het onderzoek is nu gebaseerd op een enkele casus. Door meerdere warmtenetten mee te nemen kunnen de uitspraken verder onderbouwd worden en ontstaat een beter beeld van de algemene situatie in Nederland. Het heeft daarbij de voorkeur om ook naar lage temperatuur warmtenetten te kijken.
- **Verdieping Den Haag op basis van nieuwe WIS:** Naar verwachting worden medio 2024 de nieuwe voorwaarden voor de WIS gepubliceerd. De gemeente Den Haag kan dan ook verkennen in hoeverre een lagere rendementseis voor het warmtenet mogelijk is. Dit zal invloed hebben op de business case van het warmtenet en daarmee op de eindgebruikerskosten.
- **Het Dashboard Eindgebruikerskosten** is op onderdelen een 'black box'. Zo is het beperkt mogelijk om de referentie op aardgas aan te passen of inzicht te verkrijgen in de achterliggende aannames. Ook zou het effect van zonnepanelen bij de *all electric* oplossing dan onderzocht kunnen worden.
- **Verdieping bovengronds ruimtegebruik:** Er is nog weinig literatuur bekend over het totale bovengrondse ruimtegebruik van de verschillende warmte-infrastructuren en mogelijkheden om hier slim mee om te gaan. Een verdieping hierop is wenselijk.
- **Actualisatie van de Nationale meerkosten:** De nationale meerkosten zijn gebaseerd op de Startanalyse van PBL. Dit onderzoek is in 2020 gepubliceerd en daarmee vier jaar oud. Eind 2024 komt PBL naar verwachting met een geactualiseerde analyse. Het zou goed zijn om dan te valideren of de conclusies uit dit onderzoek ongewijzigd blijven. Daarbij is het ook wenselijk om in plaats van absolute keuzes, de nationale kosten voor een hybride systeem (bijvoorbeeld 70% warmtenet en 30% *all electric*) mee te kunnen nemen. Het is niet realistisch te verwachten dat bij de ontwikkeling van een warmtenet alle eindgebruikers zullen overstappen.
- **Hogetemperatuur warmtepomp met minder isolatie:** De kosten van isolatie zijn sterk bepalend voor zowel de nationale kosten van de warmteoplossing als de eindgebruikerskosten. Het huidige onderzoek gaat uit van meer isolatie (schillabel B) bij *all electric* dan bij het MT-warmtenet (schillabel D). Nieuwe warmtepompen kunnen steeds hogere temperaturen behalen, waardoor een goed isolatieniveau geen vereiste meer is. Het is relevant te onderzoeken hoe dit doorwerkt in de uiteindelijke kosten (minder kosten isolatie, lager rendement warmtepomp, hoger elektriciteitsverbruik, meer netverzwaring, etc.).
- **Verdeling kosten tussen huurders en verhuurders:** De eindgebruikerskosten voor huurders zijn sterk afhankelijk van de mate waarin de kosten voor verhuurders doorbelast worden in de huurprijs (en hoe dit subsidies zoals huurtoeslag beïnvloed). De verdeling van deze kosten en de effecten en kansen voor de warmtetransitie zouden nader verkend kunnen worden. Het is aan te bevelen om daarbij ook de effecten van de Energieprestatievergoeding mee te kunnen wegen.



Bijlagen

LEESWIJZER VOOR DE BIJLAGEN

Onze onderzoeksmethode bestaat uit drie onderdelen: nationale kosten, eindgebruikerskosten en kwalitatieve beoordeling

Onderstaand schema vat de onderzoeksaanpak samen.

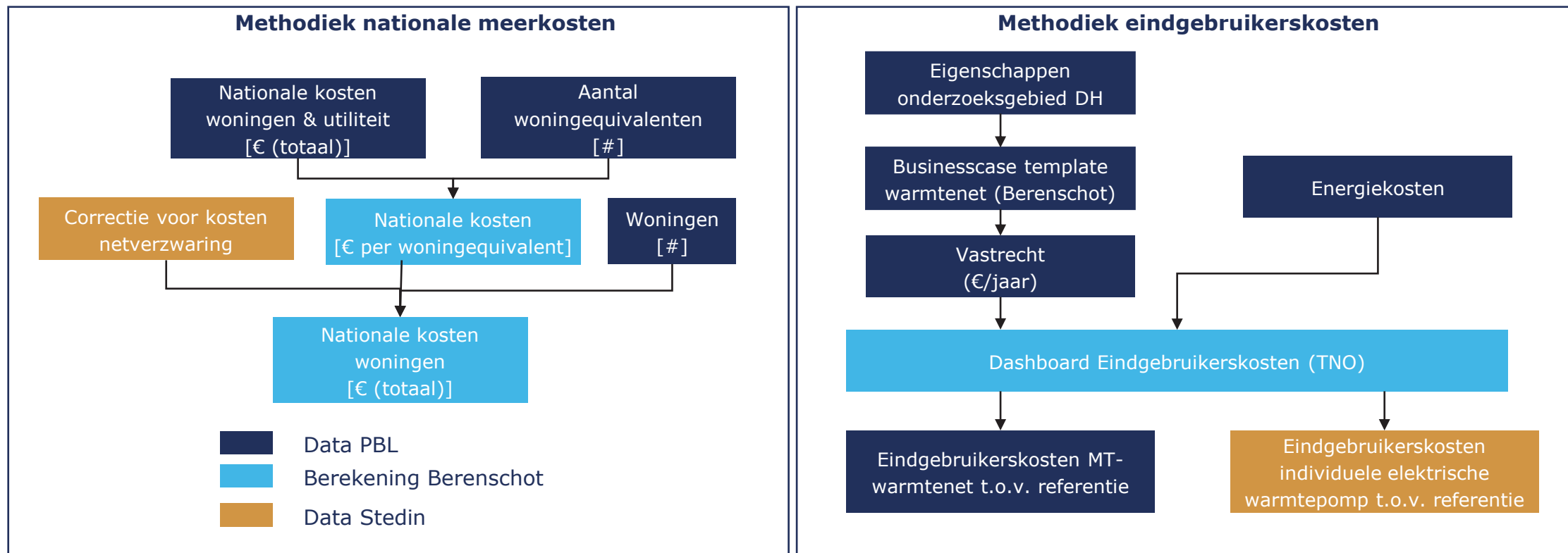
Bijlage 1 gaat over de methodiek voor de nationale meerkosten.

Bijlage 2 geeft een uitsplitsing van de nationale meerkosten.

Bijlage 3 beschrijft de methodiek voor de eindgebruikerskosten.

Bijlage 4 gaat in op enkele resultaten van de eindgebruikerskosten en de onzekerheden bij deze uitkomsten.

Tot slot geeft bijlage 5 een onderbouwing van de kwalitatieve beoordeling van de warmteoplossingen.



De **kwalitatieve beoordeling** over de uitvoerbaarheid van de warmteoplossingen is uitgevoerd op basis van deskresearch, gesprekken met Stedin en Bouwend Nederland en 'expert judgment' van deze partijen.



Bijlage 1: Toelichting op de methodiek voor de nationale kosten

BIJLAGE 1: TOELICHTING OP NATIONALE KOSTEN

De nationale kosten zijn bepaald door gebruik te maken van de startanalyse van het PBL

Voor het bepalen van de nationale (meer)kosten maken we gebruik van de startanalyse van het PBL. In deze bijlage beschrijven we de wat nationale kosten zijn en hoe we deze bepaald hebben.

De startanalyse van het PBL

De startanalyse presenteert de nationale kosten van vijf strategieën om woningen en bedrijfsgebouwen te verwarmen zonder aardgas.

De vijf strategieën zijn:

S1: individuele elektrische warmtepomp

S2: warmtenet met midden- en hoge temperatuurbronnen

S3: warmtenet met lagetemperatuurbronnen

S4: groen gas

S5: waterstof

Binnen deze strategieën zijn verschillende varianten aanwezig die onderscheid maken tussen het minimale energielabel (uitgedrukt als schillabel, zonder bijdrage van duurzame installaties) van de woningen (B+ of D+) en het type installatie of warmtebron. De strategieën met hun varianten zijn weergegeven in de tabel aan de rechterkant van deze pagina.

Strategie Omschrijving	Variant-code	Schil-label	Omschrijving variant
S1 (Individuele elektrische warmtepomp)	S1a	B+	Luchtwarmtepomp
	S1b	B+	Bodemwarmtepomp
S2 (Warmtenet met midden- tot hogetemperatuurbron)	S2a	B+	MT-restwarmte
	S2b	B+	MT-geothermie
	S2c	B+	MT-geothermie overal*
	S2d	D+	MT-restwarmte
	S2e	D+	MT-geothermie
	S2f	D+	MT-geothermie overal*
S3 (Warmtenet met lagetemperatuurbron)	S3a	B+	LT-warmtebron, levering 70 graden Celsius
	S3b	B+	LT-warmtebron, levering 30 graden Celsius
	S3c	B+	WKO, levering 70 graden Celsius hele buurt*
	S3d	B+	WKO, levering 50 graden Celsius
	S3e	B+	TEO+ WKO, levering 70 graden Celsius
	S3f	D+	LT-warmtebron, levering 70 graden Celsius
	S3g	D+	WKO, levering 70 graden Celsius hele buurt*
	S3h	D+	TEO+ WKO, levering 70 graden Celsius
S4 (Groen gas)	S4a	B+	Hybride warmtepomp
	S4b	B+	hr-ketel
	S4c	D+	Hybride warmtepomp
	S4d	D+	hr-ketel

BIJLAGE 1: TOELICHTING OP NATIONALE KOSTEN

Nationale kosten zijn de kosten voor de maatschappij ten opzichte van 'niets doen'

Wat zijn de nationale kosten?

Nationale kosten zijn alle financiële kosten in Nederland die nodig zijn voor de maatregelen om een strategie uit te voeren; inclusief de baten van energiebesparing maar exclusief belastingen, heffingen en subsidies. Voor de berekening van de nationale kosten houdt het PBL een discontovoet aan van 3%. Verder is er geen (aanvullende) rekening gehouden met inflatie.

Nationale kosten of maatschappelijke kosten?

Het begrip 'nationale kosten' wordt vaak verward met het begrip 'maatschappelijke kosten'. Het gaat immers om de kosten voor de maatschappij als geheel. De term 'maatschappelijke kosten' omvat echter een kostenbenadering, waarbij nog breder wordt gekeken naar maatschappelijke effecten, zoals bijvoorbeeld kosten verlies van natuur of als gevolg van luchtvervuiling.

Deze indirecte kosten zijn echter niet meegenomen in de berekening van de nationale kosten door het PBL en vallen daarmee buiten de scope van dit onderzoek.

De meerkosten ten opzichte van 'niets doen'

De nationale kosten worden afgezet ten opzichte van de 'Referentie 2030'. De Referentie 2030 geeft een schatting van de kosten in de situatie dat er geen maatregelen worden genomen, maar waar er wel veranderingen zijn opgetreden in energieprijzen en waar het algemene effect van veranderende temperaturen als gevolg van klimaatverandering zichtbaar is (los van de te kiezen strategie). Voor de energiekosten is gerekend met de verwachte kosten van aardgas en elektriciteit in 2030.

De kosten van de vijf strategieën (S1–S5) zijn dus de **extra** kosten die gemaakt moeten worden ten opzichte van Referentie 2030. In het onderzoek spreken we daarom over de nationale *meerkosten*.

Het PBL onderzoek is gepubliceerd in 2020. De nationale meerkosten zijn uitgedrukt op het prijspeil van 2019. Dit wijkt af van de eindgebruikerskosten (prijspeil 2023). Het onderzoek richt zich echter op de relatieve verschillen tussen warmteopties onderling binnen ofwel de nationale meerkosten ofwel de eindgebruikerskosten. Bij interpretatie van de absolute nationale meerkosten is het goed te corrigeren naar huidig prijspeil.

Voor uitleg, instructies en de aannames van de nationale kosten verwijzen we naar [Startanalyse aardgasvrije buurten 2020 \(PBL\)](#).

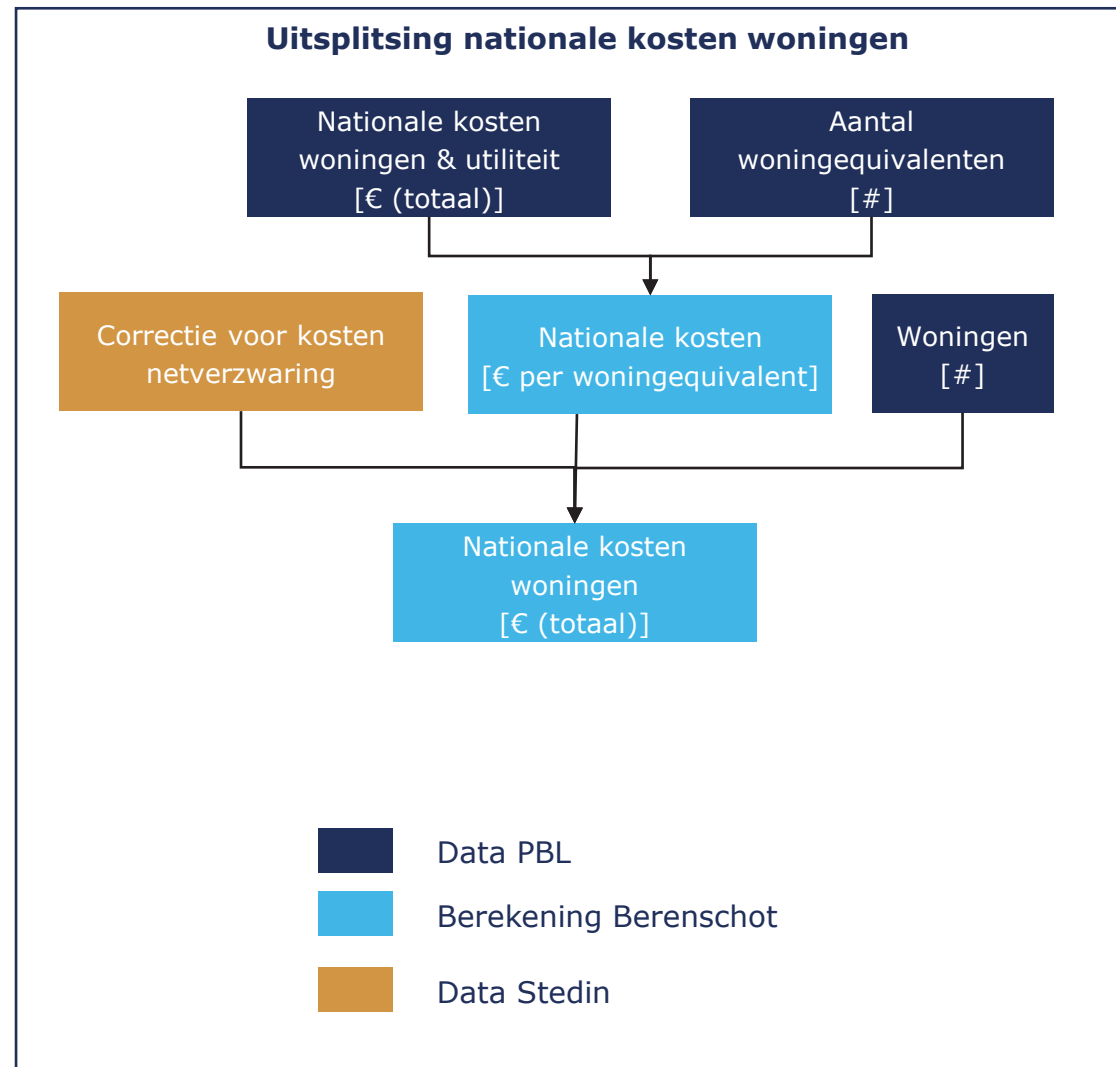
BIJLAGE 1: TOELICHTING OP NATIONALE KOSTEN

De startanalyse van het PBL presenteert de resultaten op buurniveau, een uitsplitsing naar woningen is echter noodzakelijk

Voor het bepalen van de nationale kosten is gebruik gemaakt van het 'Startanalyse datapakket'. Deze data bevat de detailresultaten van de startanalyse.

Uitsplitsing van de woningen en utiliteiten

In dit onderzoek gaan we in op de Nationale kosten voor woningen. In de startanalyse worden de nationale kosten voor woningen én utiliteit opgeteld gepresenteerd. Hierdoor hebben wij de nationale kosten voor woningen gefilterd uit de data van de Startanalyse. Dit is gedaan aan de hand van het aantal woningequivalenten in een buurt. Rechts is de aanpak schematisch weergegeven.



BIJLAGE 1: TOELICHTING OP NATIONALE KOSTEN

De nationale kosten zijn opgebouwd uit vaste kapitaallasten en variabele kosten (1/4)

Opbouw van de nationale kosten

In de Startanalyse zijn de nationale kosten opgebouwd uit respectievelijk kapitaallasten en variabele kosten. Kapitaallasten bestaan uit de variabelen:

- Elektriciteitsnet verzwaren
- Gasnet verwijderen
- Warmtedistributie buurt
- Warmtedistributie pand
- Warmtetransport
- Warmtebronnen
- Schilmaatregelen
- Installaties

Variabele kosten bestaan uit de variabelen:

- Inkoop warmte
- Inkoop gas
- Inkoop elektriciteit
- Onderhoud en bediening (O&B) gebouwen
- O&B warmtenetten
- O&B elektriciteits- en gasnetten

Beschrijving van kapitaallasten

Elke variabele, die onderdeel is van de nationale kosten, zullen we kort beschrijven op basis van de beschrijving in het Gemeenterapport van het PBL.¹ Voor de kosten van verzwaring van het elektriciteitsnet is een eigen analyse gevolgd. We beginnen met een beschrijving van de kapitaallasten.

Elektriciteitsnet verzwaren

De kosten van verzwaring van het elektriciteitsnet is in samenspraak met Stedin aangepast in de analyse. Op basis van kengetallen van Netbeheer Nederland² zijn de gemiddelde kosten voor verzwaring van een buurt gebruikt. Dit is geschaald naar de casus in Den Haag. Daarna zijn de kosten door Stedin gecontroleerd en aangepast op basis van expert judgement en hun eigen gegevens.

Gasnet verwijderen

Bij uitvoering van strategieën zonder duurzaam gas moet het huidige gasdistributienet in de buurt worden verwijderd. Bovendien is het nodig de gasaansluitingen uit de gebouwen weg te halen. De kosten van het verwijderen van het gasnet zijn, in de Startanalyse, berekend op basis van de lengte van het gasnet in een buurt en een gemiddeld kostenbedrag per meter. De kosten van het weghalen van een gasaansluiting zijn berekend met een gemiddeld bedrag per aansluiting. Beide kostensoorten zijn behandeld als investeringen en omgerekend naar jaarlijkse kosten bij 3 procent rente en 50 jaar afschrijving.

BIJLAGE 1: TOELICHTING OP NATIONALE KOSTEN**De nationale kosten zijn opgebouwd uit vaste kapitaallasten en variabele kosten (2/4)****Warmtedistributie buurt**

Bij strategieën met een warmtenet worden kapitaalslasten van het distributienet in de buurt op basis van een schatting van de lengte van het distributienet en een gemiddeld bedrag per meter. Appartementencomplexen hebben slechts één aansluitleiding op het hoofdniet nodig, terwijl bij grondgebonden bouw voor elke aansluiting een aansluitleiding in de grond moet worden gelegd. Ook de kosten voor hulpketels zijn in deze variabele opgenomen.

Warmtedistributie pand

Voor in pandige distributie wordt een vast bedrag per aansluiting, plus de kosten van een afleverset. In grondgebonden gebouwen rekent PBL hiervoor een lager bedrag per aansluiting dan in appartementen. Kosten van onderstations, distributieleidingen in de straat, en bijbehorende warmtewisselaars en pompen zijn ook onderdeel van deze kostenpost. Deze kosten leidt het PBL af van een combinatie van de lengte van het wegennet in de buurt en de gevraagde piekcapaciteit. Hiervoor hanteert het PBL nationale gemiddelde kentallen die voortkomen uit gesprekken met de sector.

Warmtetransport

Bij strategieën met een warmtenet waar de primaire warmtebron op een substantiële afstand van de buurt staat, berekent het PBL de kapitaalslasten van warmtetransport tussen bronnen en een warmteoverdrachtsstation (WOS) in een buurt op basis van een benadering van de lengte van het tracé en een variabel bedrag per meter, afhankelijk van de benodigde capaciteit. De kosten per meter kennen een bandbreedte die voornamelijk afhankelijk is van het type ondergrond waar de leiding doorheen wordt gelegd.

Warmtebronnen

Deze kostenpost heeft betrekking op de kapitaalslasten van voorzieningen die nodig zijn om warmtebronnen in gebruik te nemen voor warmtelevering. Dit kan een relatief laag bedrag zijn als het alleen om een uitkoppeling van een bestaande restwarmtebron gaat, maar het kan ook om een substantieel bedrag gaan als er bijvoorbeeld een nieuwe geothermieboring moet worden gedaan. Kosten voor het oogsten van aquathermie liggen hier meestal tussenin.

BIJLAGE 1: TOELICHTING OP NATIONALE KOSTEN**De nationale kosten zijn opgebouwd uit vaste kapitaallasten en variabele kosten (3/4)****Schilmaatregelen**

De kapitaalslasten van investeringen in schilmaatregelen, zoals HR++-glas en isolatie van spouwmuren, vloeren en daken, berekent het PBL op basis van afschrijvingen over 30 jaar. Het aantal en de typen schilmaatregelen die in een buurt moeten worden genomen om tot schillabel B+ (d.w.z. B of beter) of D+ (d.w.z. D of beter) te komen, zijn voor elke strategievariant met schillabel B+ dan wel D+ gelijk. Ze zijn afhankelijk van de situatie in het startjaar en die kan tussen buurten sterk verschillen.

Installaties

Investerings in installaties worden afgeschreven over de technische levensduur. Bij warmtepompen en cv-ketels is dat 15 jaar; bij lagetemperatuurradiatoren hanteert het PBL 28 jaar. Kosten van elektrisch koken (inductieplaten, pannenset) blijven buiten beschouwing. De kosten van warmteafleversets zijn opgenomen bij de variabele 'warmtedistributie'. In de kostenberekening van installaties in de strategieën zijn alleen de meerkosten opgenomen ten opzichte van de kapitaalslasten voor een cv-ketel.

Beschrijving van variabele kosten

Net als de variabelen die optellen tot de kapitaalslasten, beschrijven we hier de componenten die onderdeel zijn van de variabele kosten op basis van de beschrijving in het Gemeenterapport van het PBL.*

Inkoop warmte

Deze kostenpost betreft de (nationale) kosten van inkoop van warmte, berekend als het product van de kosten per eenheid en het volume. Voor elk brontype zijn de kosten per gigajoule in de berekeningen voor elke buurt gelijk. Subsidies voor de productie van warmte blijven buiten beschouwing in een berekening van nationale kosten, evenals energiebelastingen, heffingen en btw. In de praktijk kunnen de prijzen van warmte tussen buurten verschillen, afhankelijk van productieomstandigheden en tariefafspraken tussen warmteproducent en afnemers.

Inkoop gas

De kosten van de inkoop van gas zijn per gigajoule (en kubieke meter) in alle buurten gelijk, maar verschillen naar soort (duurzaam) gas. De kosten in de nationale kostenberekening zijn exclusief belastingen, heffingen en subsidies.

BIJLAGE 1: TOELICHTING OP NATIONALE KOSTEN**De nationale kosten zijn opgebouwd uit vaste kapitaallasten en variabele kosten (4/4)****Inkoop elektriciteit**

Elke strategie heeft elektriciteit nodig, maar de strategie met elektrische warmtepompen (S1) heeft de hoogste kosten voor elektriciteit.

Middentemperatuurwarmtenetten hebben elektriciteit nodig voor de pompen die warm water transporteren. Omdat lagetemperatuurwarmtenetten worden uitgevoerd in combinatie met warmtepompen, bevatten de kostenraming van een warmtenet met lagetemperatuurbronnen (S3) ook kosten voor stroominkoop. Daarnaast kan de strategie S3 ook worden uitgevoerd met een deel van de buurt uitgerust met individuele warmtepompen (S1).

O&B gebouwen

De O&B-kosten in gebouwen zijn afhankelijk van het type installatie dat in gebouwen wordt gebruikt voor de warmtevoorziening.

O&B warmtenetten

De gehanteerde O&B-kosten voor onderhoud, bediening en administratie van warmtenetten zijn afgeleid van gegevens van warmtebedrijven en ingenieursbureaus en berekend als een percentage van de initiële investeringskosten. Verschillende onderdelen van een warmtenet hebben andere percentages voor O&B, afhankelijk van hoe onderhoudsintensief ze zijn.

O&B elektriciteits- en gasnetten

De O&B-kosten van elektriciteits- en gasnetten zijn berekend als een vast bedrag per strekkende meter. Dit bedrag leidt het PBL af uit de totale kosten die netbeheerders volgens jaarverslagen jaarlijks maken aan onderhoud en naar rato van het aantal aansluitingen toegerekend aan individuele buurten. Het daaruit volgende bedrag is slechts een indicatief, omdat deze netwerken niet jaarlijks een vast bedrag aan onderhoud vereisen, maar eens in de zoveel jaar een grote investering.



**Bijlage 2: Toelichting bij
resultaten Nationale
meerkosten**

BIJLAGE 2: TOELICHTING OP RESULTATEN BIJ NATIONALE KOSTEN

Kosten netverzwaring twee keer zo hoog bij *all electric* warmtepomp in vergelijking met MT-warmtenet

Methodiek berekening kosten netverzwaring

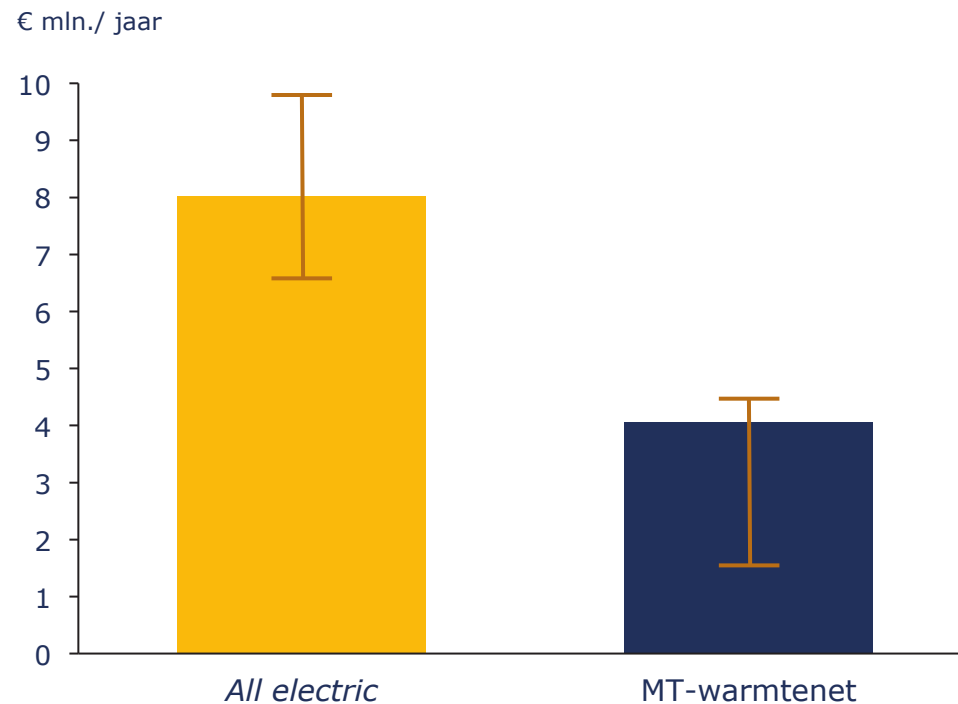
In onze analyse baseren we de nationale meerkosten voornamelijk op de startanalyse. Alleen op de variabele 'kosten netverzwaring' stappen we af van de startanalyse.

De berekeningen zijn uitgevoerd door Stedin. De resultaten geven de kosten van netverzwaring weer voor de twee strategieën; 1) *all electric* en 2) MT-warmtenet. In de berekeningen zijn niet alleen de kosten voor netverzwaring in de buurt meegenomen maar ook de kosten voor de hoogspanningskabels die nodig zijn om netcongestie in de buurt te voorkomen.

In de figuur zien we dat de kosten voor netverzwaring in het geval van *all electric* twee keer zo hoog zijn als de kosten voor netverzwaring in het geval van warmtenetten.

Kosten netverzwaring voor *all electric* en MT-warmtenet

De figuur visualiseert de jaarlijkse nationale kosten* van netverzwaring in het geval van *all electric* en MT-warmtenet.



* We spreken hier bewust van nationale kosten en niet van nationale meerkosten. We nemen dat de nationale kosten van de referentie (cv-ketel op aardgas) ongeveer gelijk zijn aan de nationale kosten voor MT-warmtenet.

BIJLAGE 2: TOELICHTING OP RESULTATEN BIJ NATIONALE KOSTEN

Nationale kosten voor AE liggen grotendeels bij gebouweigenaren, kosten warmtenetten liggen bij de ontwikkelaar van de warmtenetten

De nationale meerkosten verdeeld over verschillende stakeholders

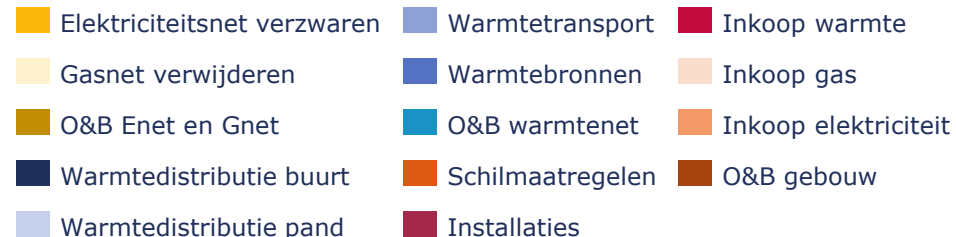
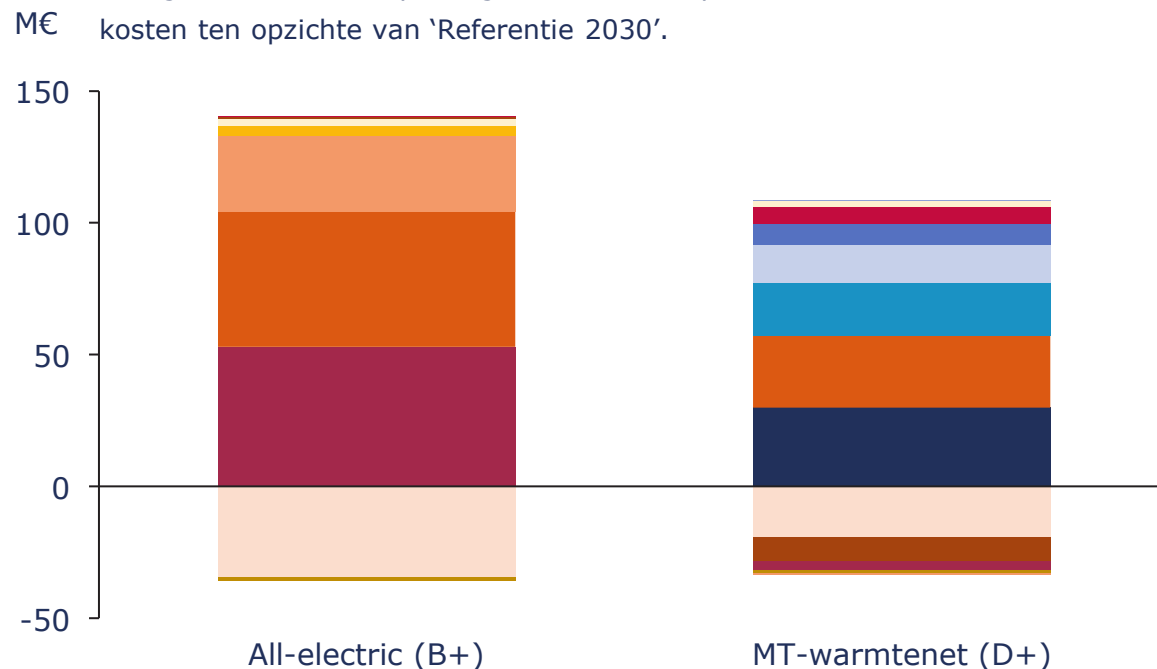
De nationale meerkosten zijn de opgetelde kosten van alle stakeholders. In de rechtergrafiek laten we zien in welke variabelen de nationale kosten uitgesplitst worden. De kosten voor woningeigenaren, netbeheerders en eigenaren van warmtenetten zijn weergegeven in respectievelijk rood-, geel- en blauwtinten.

In de figuur zijn ook enkele kosten te zien die onder de 0-lijn vallen. Wanneer kosten onder de 0-lijn weergegeven zijn betekent het dat er bij de warmtestrategie (*all electric* of warmtenet) minder kosten gemaakt moeten worden in vergelijking met de referentie (cv-ketel op aardgas). Dit betreft onder andere de vermeden inkoop van gas.

Bij het MT-warmtenet zien we dat er ten opzichte van het *all electric* meer kosten uitgegeven worden aan de inkoop van gas. Dit is het gevolg van de back-up gasketel die gebruikt wordt bij de warmtelevering via een warmtenet.

Uitsplitsing nationale kosten AE en MT-warmtenet

De figuur laat een uitsplitsing zien van de kapitaallasten en de extra variabele kosten ten opzichte van 'Referentie 2030'.



BIJLAGE 2: TOELICHTING OP RESULTATEN BIJ NATIONALE KOSTEN

Afstel of uitstel warmtenet kan bijdragen aan langdurige congestie in Den Haag

Stedin rekent op warmtenetten in Den Haag

Voor de casus Den Haag houdt Stedin rekening met de komst van warmtenetten. Daarmee wordt elektrificatie van de warmtevraag voor dat deel van de verduurzaming van de gebouwde omgeving in Den Haag vermeden. De Transitievisie Warmte van de gemeente vormt input op deze aanneme. Dit is door Stedin verwerkt in de prognoses van de verwachte groei van de vraag naar elektriciteit.

Langdurige congestie bij uitblijven warmtenetten

Op basis van de verwachting van de toekomstige vraag naar elektriciteit werkt Stedin, samen met landelijk netbeheerder TenneT, aan uitbreidingsinvesteringen in Den Haag. Indien warmtenetten niet doorgaan en de verduurzamingsdoelen ongewijzigd blijven, dan neemt de belasting op het elektriciteitsnetwerk significant toe, doordat er meer *all electric* warmteoplossingen zullen komen. Als de prognose voor de autonome groei eerder de maximale capaciteit van het net bereikt dan de uitbreidingsinvestering gereed is, moet Stedin congestie afkondigen. Aangezien de netbeheerder de benodigde uitbreidingsinvesteringen voor dit deel van de warmtevraag niet heeft voorzien, zullen de uitbreidingsinvesteringen lang op zich laten wachten. Hierdoor zal dit deel van Den Haag lang in congestie blijven (inschatting van >10 jaar).

Ook bij vertraging van warmtenetten ligt congestie op de loer

De netbeheerders houden in hun prognoses rekening met autonome groei van kleinverbruik klanten. Bewoners hebben voorsnog keuzevrijheid om een andere vorm van verwarming te kiezen dan een warmtenet, bijvoorbeeld all-electric. Bij vertraagde ontwikkeling van een warmtenet is het aannemelijk dat een groter aandeel kleinverbruikers voor een all electric vorm van verwarmen kiest. Dit kan eveneens leiden tot vormen van congestie, waarbij ingrijpen op kleinverbruik niet uitgesloten kan worden.

Warmtenetten aanleggen is in congestie niet goed mogelijk

Indien er congestie optreedt, dan is het volgens de netcode niet mogelijk om aansluitingen boven de 3x80A aan te sluiten. Voor het in gebruik nemen van warmtenetten zijn naast pompenergie, ook piek- en backup vermogen en (soms) warmtepompen nodig om de collectieve warmtebron op de juiste temperatuur te krijgen. Deze aansluitingen kunnen in geval van congestie niet of beperkt gehonoreerd worden. Of de aanleg van warmtenetten ook geraakt wordt door congestie moet per geval bekeken worden. Er dient ruimte op het net te zijn voor de tijdelijke bouwaansluiting die met de aanleg gemoeid is.

Het Codebesluit maatschappelijk prioriteren (door de ACM gepubliceerd op 18 april 2024), maakt het mogelijk om voorrang op de wachtlijst te geven aan warmtenetten (prioriteit 3). Dit is echter enkel als in congestiegebied ruimte ontstaat voor nieuwe aansluitingen en andere aanvragen op de wachtlijst niet meer prioriteit genieten.



**Bijlage 3: Toelichting op
de methodiek voor
eindgebruikerskosten**

BIJLAGE 3: TOELICHTING OP METHODIEK EINDGEBRUIKERSKOSTEN

Toelichting op het model om de eindgebruikerskosten te berekenen

Wat is het Dashboard Eindgebruikerskosten van TNO?

Het model biedt inzicht in de eindgebruikerskosten van verschillende warmtestrategieën voor eigenaar-bewoners, huurders van corporatiewoningen en huurders van particuliere huurwoningen.

De eindgebruikerskosten worden weergegeven als verandering van de geraamde jaarlasten voor eindgebruikers voor de warmtestrategieën voor het jaar 2030 ten opzichte van de huidige situatie waarbij met aardgas wordt verwarmd.

De jaarlijkse eindgebruikerskosten worden weergegeven met een bandbreedte. Dat maakt duidelijk dat er grote spreiding in kosten en baten is, veroorzaakt door enerzijds fysieke verschillen tussen woningen binnen een onderscheiden woningcategorie en anderzijds door onzekerheden over toekomstige ontwikkelingen in de kosten van maatregelen en energiedragers.

Wat biedt het model voor de eindgebruikerskosten niet?

De eindgebruikerskosten zijn berekend op basis van landelijke gemiddelden en daarom niet identiek aan de kosten en baten van een individuele huurder, woningeigenaar, verhuurder of warmtebedrijf. Individuele kosten en baten kunnen hoger of lager uitvallen dan de landelijke gemiddelden. Voor woningeigenaren is dit bijvoorbeeld afhankelijk van onder andere de omvang en de huidige mate van isolatie van de woning en van het huidige energieverbruik.

De eindgebruikerskosten zijn berekend als het saldo van de jaarlijkse kosten en baten op het moment van investeren. Er wordt geen rekening gehouden met wijzigingen daarna, gedurende de looptijd van een lening of de levensduur van een maatregel. Dat sluit aan bij de omschrijving van verandering in woonlasten die in het Klimaatakkoord is gebruikt. Dit sluit vermoedelijk ook aan bij de manier waarop veel eigenaar-bewoners de financiële gevolgen van investeringen in verduurzaming beoordelen. Die houden doorgaans geen rekening met toekomstige veranderingen in energieprijzen.

Voor uitleg, instructies en de aannames van het model verwijzen we naar '[Wegwijzer dashboard eindgebruikerskosten](#)'

BIJLAGE 3: TOELICHTING OP METHODIEK EINDGEBRUIKERSKOSTEN

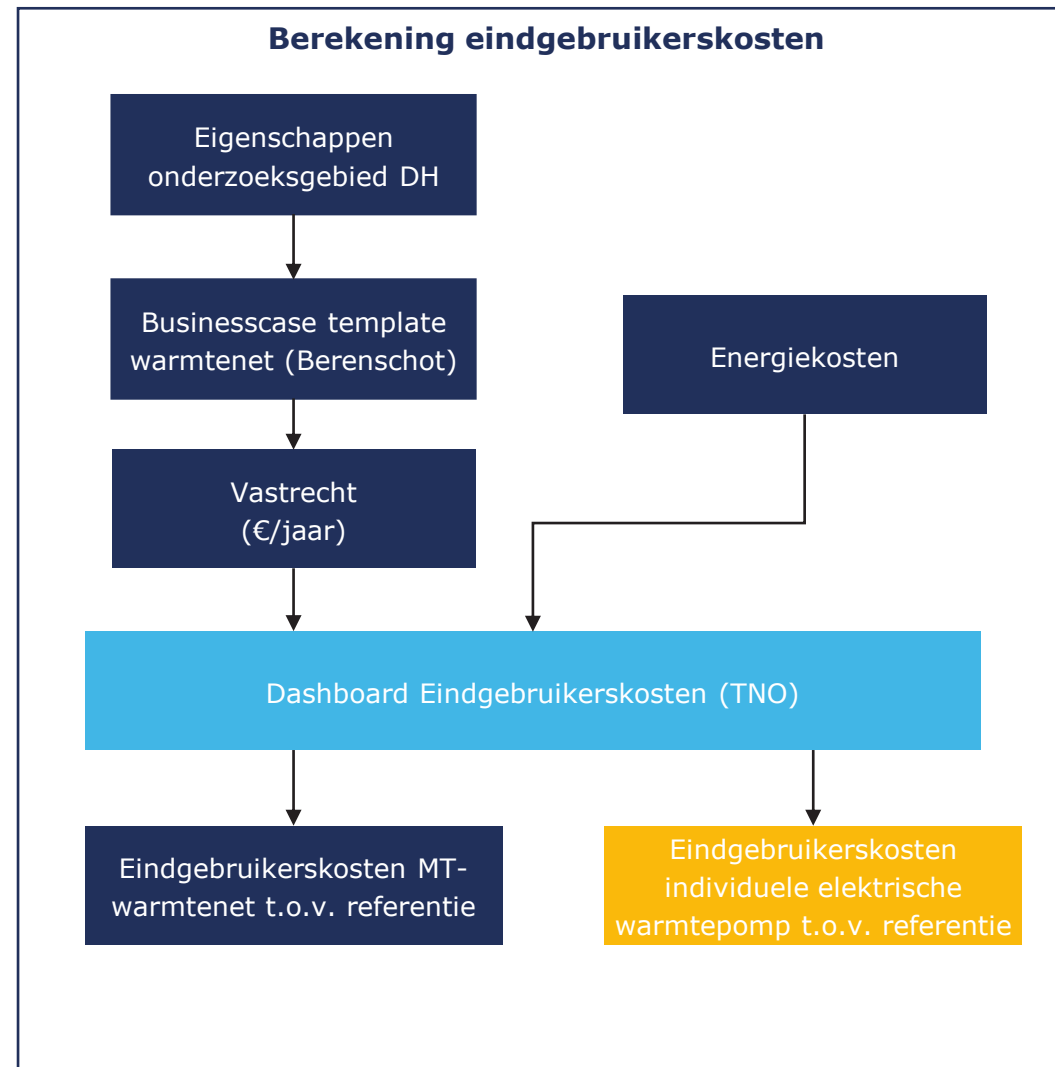
Energieprijzen en hoogte vastrecht zijn eigen input, verder gebruiken we aannames en kentallen van Dashboard Eindgebruikerskosten (TNO)

De eindgebruikerskosten worden berekend door gebruik van het Dashboard Eindgebruikerskosten van TNO

We berekenen twee verschillende typen kosten met het Dashboard eindgebruikerskosten: 1) de individuele elektrische warmtepomp en 2) kosten voor het MT-warmtenet.

In onze berekeningen hanteren we waar mogelijk is de aannames van het TNO¹. We doen enkele aanpassingen:

- We gebruiken prognoses van energieprijzen op basis van een recent onderzoek dat wij uitvoerden voor Essent.² De gebruikte prijzen zijn gepresenteerd op pagina 40.
- We berekenen aan de hand van een aangepast warmtenet businesscase template (oorspronkelijk van ECW) een vastrecht op basis van de eigenschappen van het onderzoeksgebied. Dit vastrecht dient als input voor Dashboard Eindgebruikerskosten. Dit doen we omdat het Dashboard Eindgebruikerskosten rekt op basis van het Niet Meer Dan Anders-principe (NMDA)¹ conform de huidige wetgeving. Wij kijken echter naar de situatie in 2030 en gaan daarbij uit van het kostprijs+-systeem op basis van de nieuwe Wet collectieve warmte². De eindgebruikerskosten die wij in dit onderzoek presenteren zijn dus **altijd gebaseerd op het kostprijs+-systeem**. Rechts is de aanpak schematisch samengevat.



1) TNO (2021). Wegwijzer Dashboard Eindgebruikerskosten, [link](#)

2) Berenschot (2024). De energierekening in 2023 en 2035 vergeleken, [link](#)

BIJLAGE 3: TOELICHTING OP METHODIEK EINDGEBRUIKERSKOSTEN

Energieprijzen en het warmtenetten business case template van ECW als input voor Dashboard Eindgebruikerskosten

We gebruiken een model o.b.v. van het businesscase template voor warmtenetten van het ECW

Het model is door het ExpertiseCentrum Warmte (ECW) ontwikkeld om inzicht te krijgen in de kosten van een warmtenet. Wij gebruiken het model specifiek om de hoogte van het vastrecht vast te stellen. Dit vastrecht dient als input voor het Dashboard Eindgebruikerskosten.

Dit doen wij door zoveel mogelijk gebruik te maken van de business case van Fakton¹ en de achterliggende rapportage van RoyalHaskoningDHV². Deze business case is door ons niet gevalideerd.

Voor uitleg, instructies en de aannames van het model verwijzen we naar '[Template businesscase warmtenetten](#)'

Energieprijzen in 2030 voor eindgebruikerskosten

In dit onderzoek hanteren we 2030 als zichtjaar. Dit betekent dat we de eindgebruikerskosten van de warmtestrategieën bepalen voor het jaar 2030. De gehanteerde energieprijzen van het model moeten daardoor ook aangepast worden voor 2030. Hiervoor gebruiken we het recent verschenen onderzoek van Berenschot³ over de energierekening voor 2035.

De gehanteerde energieprijzen zijn in de onderstaande tabel weergegeven.

Product	Prijs in 2030
Geleverde producten	
Gas	€0,43 per m ³
Meerkosten bijmenging gas	€0,14 per m ³
Elektriciteit	€0,18 per kWh
Warmteprijs (onder veronderstelt Kostprijs+-systeem)	€15,13 per GJ
Energiebelasting	
Gas	€0,58 per m ³
Elektriciteit	€0,09 per kWh

1) Fakton Energy (2023). Verdiepende businesscase warmtenetten Den Haag.

2) RHDHV (2023). Eindrapport technisch / financiële haalbaarheid Warmteconcessiegebieden Den Haag.

3) Berenschot (2024). De energierekening in 2023 en 2035 vergeleken, [link](#)



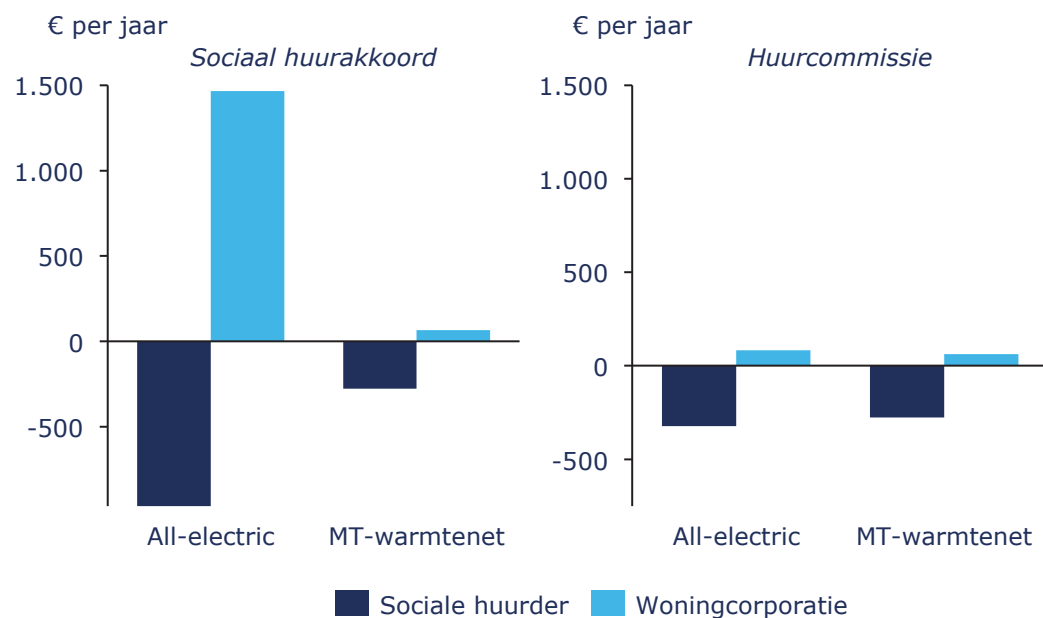
**Bijlage 4: Toelichting bij
resultaten
eindgebruikerskosten**

BIJLAGE 4: TOELICHTING BIJ RESULTATEN EINDGEBRUIKERSKOSTEN

Conflicterende belangen voor sociale huurwoningen; verdeling kosten tussen huurder en verhuurder bepalend voor eindgebruikerskosten

De eindgebruikerskosten voor woningcorporatie en sociale huurder zijn sterk afhankelijk van methode voor de berekening van de huurprijs

Deze figuur toont de eindgebruikerskosten voor een appartement (label C) ten opzichte van aardgas voor de sociale huurder en de woningcorporatie volgens twee methodes.



Er zijn conflicterende belangen tussen de woningcorporatie en de sociale huurder

Als de methode conform de huurcommissie gehanteerd wordt, vallen de (gemiddelde) kosten (van diverse warmtestrategieën) voor de sociale huurder hoger uit dan als de methode conform het Sociaal huurakkoord gehanteerd wordt. Deze laatste rekent met een beperktere huurverhoging bij verduurzaming, waardoor de kosten voor de sociale huurder beperkter stijgen. Het gevolg hiervan is ook dat de Rijksoverheid minder bijdraagt via de huurtoeslag. De sociale verhuurder (de woningcorporatie) wordt bij de methode conform het Sociaal huurakkoord geconfronteerd met hogere kosten omdat zij de kosten voor verduurzaming slechts beperkt mag doorberekenen aan de sociale huurder, vergeleken met de methode conform de huurcommissie.

Deze conclusies zijn gebaseerd op het Eindgebruikerskosten-model en reflecteren de algemene context in Nederland. Hierbij is geen rekening gehouden met eventueel (te maken) afspraken voor de specifieke situatie van het warmtenet in Den Haag.

BIJLAGE 4: TOELICHTING BIJ RESULTATEN EINDGEBRUIKERSKOSTEN

Hoge ETS-2 prijzen maken duurzame warmteoplossingen goedkoper dan de cv-ketel op aardgas

Wat is een ETS-2 prijs?

In december 2022 is er in Brussel een akkoord bereikt over de oprichting van een emissiehandelsstelsel (ETS) voor de CO₂-emissies van de gebouwde omgeving en andere sectoren. Dit stelsel gaat qua werking lijken op het al bestaande ETS voor de grote industrie en energiebedrijven.

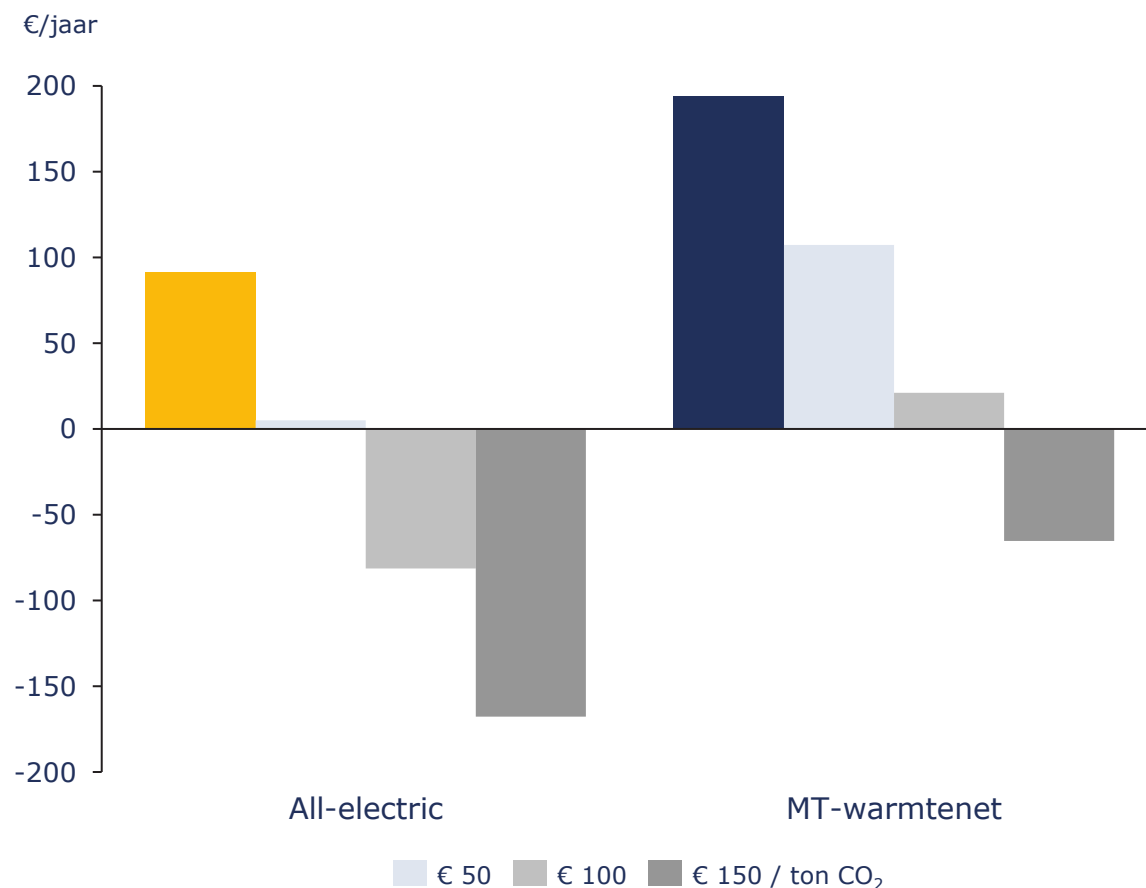
Gevolgen voor de consumentenprijzen

In de praktijk zullen de gevolgen van de nieuwe emissieregeling voor huishoudens tot uiting komen in hogere brandstofprijzen, aangezien energieleveranciers de kosten doorberekenen aan de consument. Hierdoor nemen de kosten van fossiele warmteoplossingen toe (zoals CV-ketel op aardgas) ten opzichte van duurzame warmteoplossingen (zoals warmtenetten en *all electric*)

Dit is te zien in de rechtergrafiek. Voor een gemiddelde woning in het onderzoeksgebied wordt *all electric* goedkoper dan de referentie (cv-ketel op aardgas) bij een prijs rond **de €60 euro per ton CO₂**. Een warmtenet wordt goedkoper dan de referentie bij een prijs rond de **€120 per ton CO₂**.

Eindgebruikerskosten ten opzichte van aardgas bij een ETS-2 prijs

Deze figuur toont de eindgebruikerskosten bij ETS-2 prijzen voor de gebouwde omgeving.



BIJLAGE 4: TOELICHTING BIJ RESULTATEN EINDGEBRUIKERSKOSTEN

Eindgebruikerskosten individuele elektrische warmtepomp gevoeliger dan MT-warmtenet, o.a. vanwege gevoeligheid voor fluctuerende energieprijzen

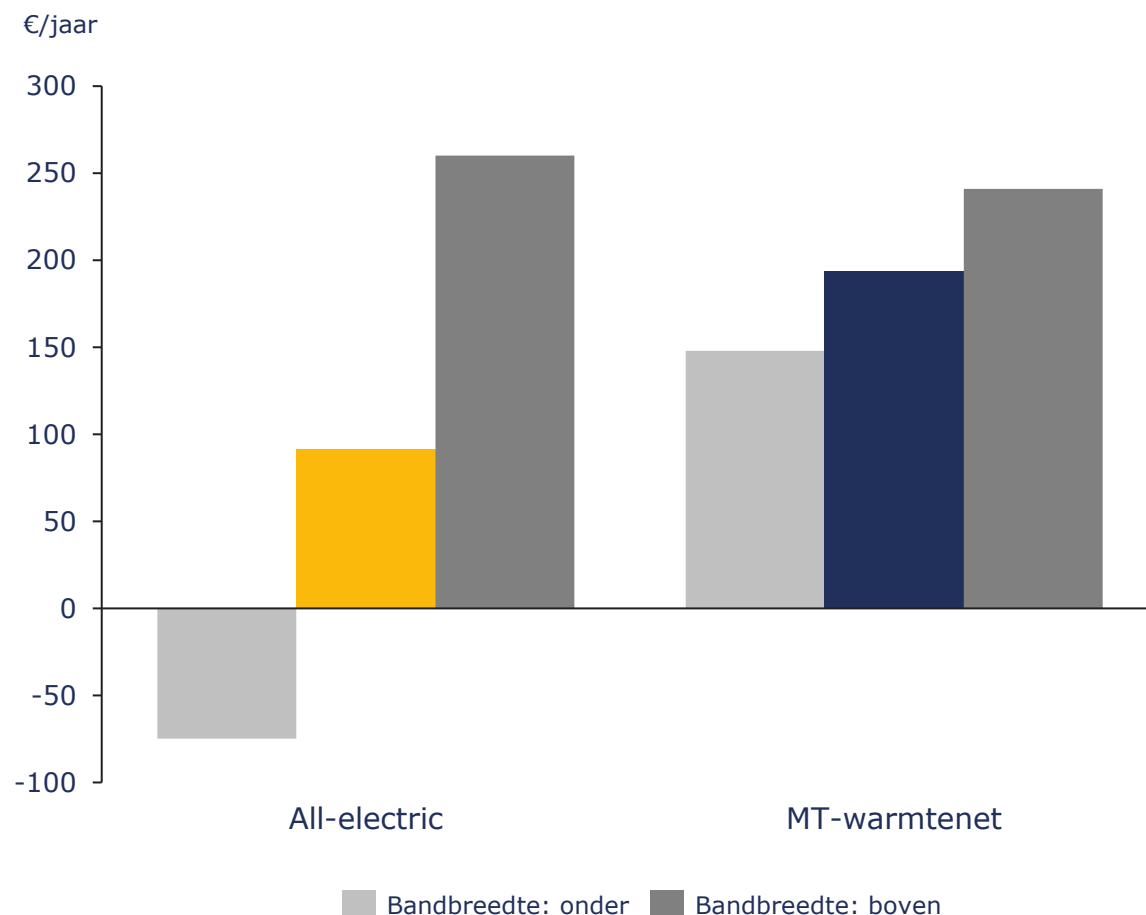
Wat valt onder de bandbreedte?

De bandbreedte voor de eindgebruikerskosten van maatregelen die in 2030 worden genomen, wordt niet alleen bepaald door de variatie in de huidige kosten tussen woningen (binnen één categorie), zoals in 2020, maar ook door onzekerheid over de ontwikkelingen tussen 2020 en 2030 in de investeringskosten en energieprijzen. Maatregelen kunnen goedkoper worden door innovatie en schaalvergroting; aardgas wordt waarschijnlijk duurder en elektriciteit goedkoper, onder andere door verschuiving in energiebelasting.

Bandbreedtes van elektrische warmtepomp zijn groter

In de grafiek rechts is de te zien dat de bandbreedtes voor de individuele elektrische warmtepomp verder uit elkaar liggen dan voor eindgebruikers die aangesloten worden op een MT-warmtenet. Deze bandbreedtes zijn gebaseerd op de standaard gevoeligheidsanalyse van het Dashboard Eindgebruikerskosten. De eindgebruikerskosten van *all electric* zijn onder andere gevoeliger voor fluctuerende energieprijzen.

Eindgebruikerskosten ten opzichte van aardgas bij lage en hoge bandbreedte in Dashboard Eindgebruikerskosten



BIJLAGE 4: TOELICHTING BIJ RESULTATEN EINDGEBRUIKERSKOSTEN

Kosten vastrecht van grote invloed op kosten eindgebruikers met een warmtenet

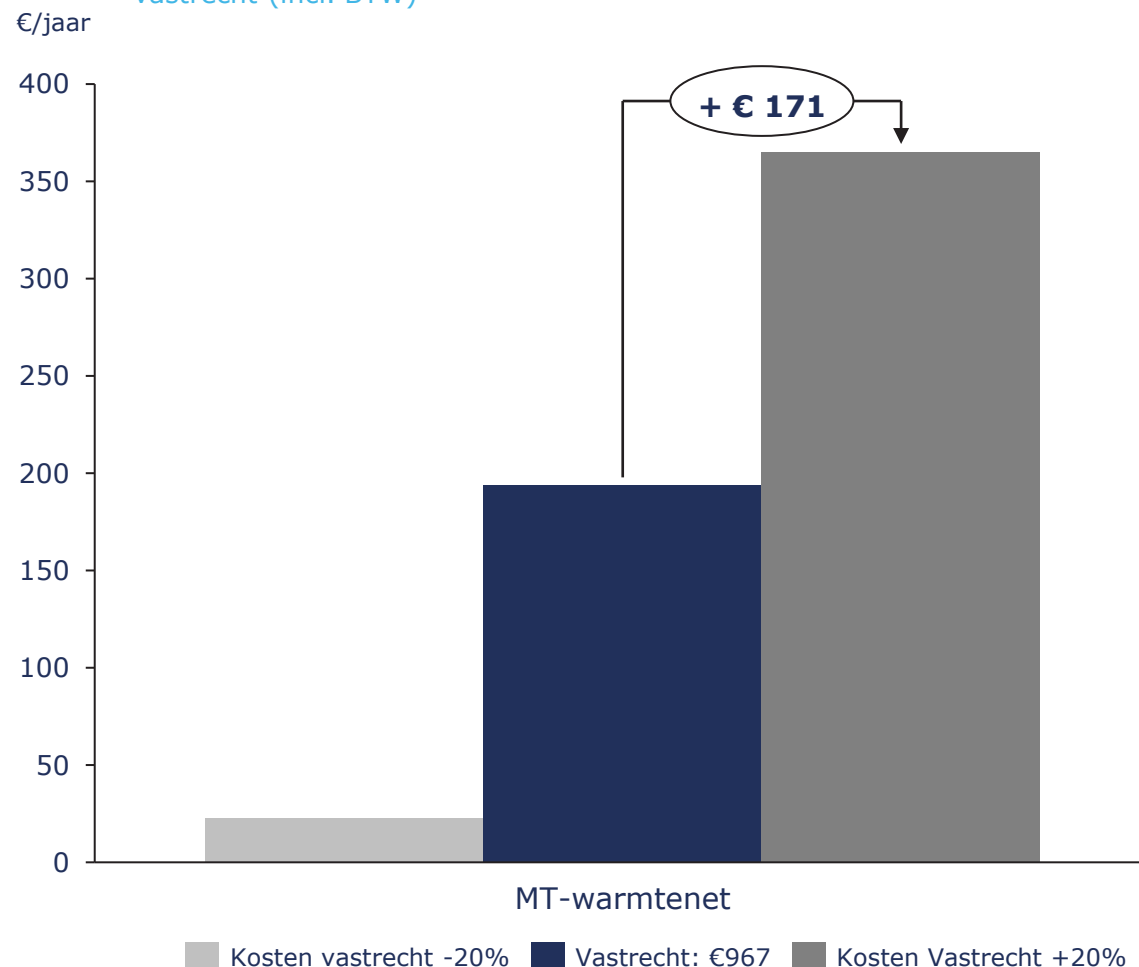
Wat is vastrecht?

Het vastrecht voor warmte is het bedrag dat een eindgebruiker, aangesloten op een warmtenet, betaalt ongeacht zijn verbruik. In plaats van de term vastrecht wordt tegenwoordig ook vaak 'vaste leveringskosten' gebruikt. Onder het Kostprijs+-systeem gebruikt de ontwikkelaar voornamelijk het vastrecht om de investering in het warmtenet terug te verdienen (eventueel in combinatie met een éénmalige bijdrage voor de aansluitkosten; in onze analyse hebben we deze op €0,- gezet en dus alles via het vastrecht verrekent).

Hoogte vastrecht zeer bepalend voor eindgebruikerskosten

In de grafiek rechts is de te zien wat een variërend vastrecht doet voor de eindgebruikerskosten van huishoudens die aangesloten zijn op een warmtenet. De grafiek aan de rechterkant laat zien dat de hoogte van eindgebruikerskosten gevoelig is voor de hoogte van het vastrecht. Een stijging van 20% in het vastrecht betekent een stijging van circa €170 in jaarlijkse eindgebruikerskosten (ten opzichte van de referentie) voor huishoudens aangesloten op een warmtenet.

Eindgebruikerskosten ten opzichte van aardgas bij variërende kosten voor het vastrecht (incl. BTW)



BIJLAGE 4: TOELICHTING BIJ RESULTATEN EINDGEBRUIKERSKOSTEN

Hoogte vastrecht sterk beïnvloed door aannames over aansluiting van utiliteitsgebouwen, het aansluitingspercentage en de kapitaallasten (1/2)

Voor de berekening van de eindgebruikerskosten bij het warmtenet hebben we ons waar mogelijk gebaseerd op de business case studies van Fakton¹ en Royal HaskoningDHV². Op onderdelen waren benodigde uitgangspunten of kentallen niet bekend. Daarvoor hebben wij eigen aannames gedaan op basis van gangbare uitgangspunten en kentallen uit de sector.

Hieronder benoemen wij drie aspecten met een relatief grote impact op de eindgebruikerskosten, waarbij we afgeweken hebben van de onderliggende onderzoeken of waarbij we de uitgangspunten van die studies onzeker achten.

[Aansluitingsgraad en de energievraag van utiliteitsgebouwen zijn een belangrijke parameter voor de Business case van het warmtenet en daarmee de eindgebruikerskosten](#)

De aangesloten gebouwvoorraad (woningen & utiliteitsgebouwen) is bepalend voor de business case van het warmtenet. Op basis van de kostprijs+ worden de investeringskosten doorberekend aan de eindgebruikers. Met andere woorden: een rendabeler warmtenet leidt tot lagere eindgebruikerskosten. De uitkomst van de business case vertaalt zich dus direct door in de hoogte van het vastrecht.

Het Royal HaskoningDHV onderzoek gaat ervan uit dat 70% van alle utiliteitsgebouwen binnen het onderzoeksgebied aangesloten worden op het warmtenet. Uitgaande van de berekende warmtevraag van deze gebouwen conform de Startanalyse van het PBL (dit wijkt af van de berekende warmtevraag in het RHDHV-onderzoek; die cijfers zijn niet publiek), dan zou het vastrecht onrealistisch laag uitvallen.

Om deze reden hebben wij alleen utiliteitsgebouwen met een aansluiting tot 100 kW (11.823 van de 14.716 utiliteitsgebouwen) mee genomen in de dimensionering van het warmtenet. Eigenaren van grote utiliteitsgebouwen hebben namelijk vaak financieel voordeligere warmteopties (zoals WKO), in vergelijking met aansluiting op warmtenetten. Grote gebouwen zullen dus minder snel voor een aansluiting op het warmtenet kiezen. Na het uitsluiten van grote utiliteitsgebouwen is een vastrecht van **€967,- (inclusief BTW, exclusief WIS subsidie)** per gebouw uit de analyse gekomen.

BIJLAGE 4: TOELICHTING OP RESULTATEN EINDGEBRUIKERSKOSTEN

Hoogste vastrecht sterk beïnvloed door aannames over aansluiting van utiliteitsgebouwen, het aansluitingspercentage en de kapitaallasten (2/2)

Voor aansluitingen op het bestaande warmtenet uitgegaan van CBS-data

Een deel van de woningen en andere gebouwen in het onderzoeksgebied is reeds aangesloten op een bestaand warmtenet. Deze gebouwen zijn uitgesloten in de analyse. In onze analyse voor de Kostprijs+-berekening zijn we uitgegaan van CBS-data over het percentage woningen dat aangesloten is op het warmtenet. In het Royal HaskoningDHV onderzoek is op een iets andere wijze gecorrigeerd voor de warmtevraag die reeds aangesloten in het warmtenet (specifieke gegevens daarover zijn niet gerapporteerd in de rapportage). Daarbij betreft het grootste deel van de bestaande aansluitingen grote utiliteitsgebouwen (met aansluitwaarde boven de 100 kW). Deze zijn in onze onderzoeksaanpak reeds uitgesloten van aansluiting.

Kapitaallasten van grote invloed op de eindgebruikerskosten; bij toekenning WIS subsidie mogelijk ruimte voor lagere risico-opslag

In onze berekeningen zijn we uitgegaan van de WACC (Weighted Average Cost of Capital) op basis van het Fakton-onderzoek (7%). Fakton heeft in zijn verdiepende onderzoek enkele projectrisico's ingeprijsd waardoor de aangenomen WACC is verhoogd ten opzichte van het eerdere RHDHV-onderzoek (die uitging van een WACC van 5,6%).

De WACC is van grote invloed op de business case van het warmtenet en daarmee de eindgebruikerskosten. Door verhoging van de WACC zijn de eindgebruikerskosten aanzienlijk gestegen.

In vergelijking met andere projecten is de gehanteerde WACC relatief hoog. Zeker in combinatie met toekenning van een WIS subsidie zou mogelijk een lagere WACC gehanteerd kunnen worden. De financiële bijdrage vanuit deze subsidie vermindert namelijk de projectrisico's, waardoor partijen een lagere risico-opslag kunnen rekenen. Dit zou de business case en de eindgebruikerskosten kunnen verbeteren.

In de gepresenteerde resultaten van ons onderzoek hebben we echter de WACC conform de uitgangspunten van de Fakton-studie aangehouden.



Bijlage 5: Toelichting bij kwalitatieve analyse uitvoerbaarheid

BIJLAGE 5: TOELICHTING OP DE UITVOERBAARHEID

All electric warmtepomp lastig uitvoerbaar door ruimtebeslag woning en bovengrondse ruimte inname; leidingen warmtenet niet altijd inpasbaar

De uitvoerbaarheid van twee duurzame warmteoplossingen en de referentie zijn beoordeeld. Het betreft een indicatieve en kwalitatieve beoordeling, met beperkte diepgang. De ruimtelijke impact bovengronds en ondergronds zijn niet specifiek voor het onderzoeksgebied bepaald, maar op basis van een generieke wijk.

Ruimtelijke impact (bovengronds)

Het gebied van de casus vereist in alle gevallen een investering in het elektriciteitsnet. Dit bestaat uit transformatorstations en elektriciteitskabels. In het *all electric* scenario gaat het naar schatting om 20.000-25.000 m² aan bovengrondse ruimte. Inpassing behoeft, gezien de beperkte openbare ruimte in Den Haag, veel aandacht. Voor het warmtenet is minder netverzwaring nodig, maar is er ook ruimtebeslag door de warmteoverdrachtstations en onderstations. Het ruimtebeslag hiervan is onzeker. Bij behoud van aardgas gaat het om naar schatting 6.500-13.000 m² aan bovengrondse ruimte voor de netverzwaring¹.

Ruimtelijke impact (ondergronds)

De grootste uitdaging voor de ondergrondse ruimte is dat het warmtenet uit grote warmteleidingen bestaat die in alle straatprofielen ingepast moeten worden. Zo zal bij de implementatie van het warmtenet naar schatting 400-600 km aan warmteleiding moeten worden gerealiseerd². Daarnaast moet het elektriciteitsnet verzaagd worden met 60-200 km elektriciteitskabel in het geval van het HT/MT warmtenet en 300-700 km bij de *all electric* warmtepomp.^{3 2}

Ruimtebeslag in de woning

De *all electric* warmtepomp neemt relatief veel ruimte in beslag in de woning. Zo bestaat de warmtepomp uit een binnenunit (ca. 0,6 x 0,4 x 1,0 m), een buffervat (diameter ca. 0,6 m en hoogte ca. 1,25 m) en een buitenunit (ca. 0,8 x 0,6 x 0,4 m). Er bestaan ook monoblocks die geen binnenunit hebben en dus minder ruimte vereisen. Gezien 87% van de woningen in de casus appartementen zijn, is het uitdagend om dit in te passen en gaat het om een aanzienlijk ruimteverlies in de woning.

	 All electric warmtepomp	 HT/MT warmtenet	 CV-ketel op aardgas
Vereist weinig aandacht 			
Vereist veel aandacht 			
Ruimtelijke impact (bovengronds)	 19.500-25.000 m ²	 Ruimtegebruik sterk afhankelijk van inpassing onderstations wel of niet in gebouwen	 6.500-13.000 m ²
Ruimtelijke impact (ondergronds)	 300-700 km elektriciteitsnet	 400-600 km warmteleiding 60-200 km elektriciteitsnet	 60-200 km elektriciteitsnet
Ruimtebeslag in de woning	 0,5-1 m ² binnen en 0,5 m ² buiten	 0,25 m ²	 0,25 m ²

1) Op basis van 111.000 woningen en kengetallen van Netbeheer Nederland (2021), [link](#)

2) Op basis van kentallen van het Expertise Centrum Warmte, waarin wordt gerekend met 8 m/grondgebonden woning, 5 m/gestapelde woning en 50 m/collectieve aansluiting

3) Op basis van 111.000 woningen en kengetallen van Netbeheer Nederland (2019), [link](#)

BIJLAGE 5: TOELICHTING OP DE UITVOERBAARHEID

Technische haalbaarheid en de akoestische en visuele beleving obstakel bij de *all electric* warmtepomp

Woning geschikt te maken voor warmteoplossing

Een woning dient minimaal tot circa schillabel B geïsoleerd te worden voor de effectieve werking van de *all electric* warmtepomp. Voor een deel van de gebouwen vergt dit ingrijpende maatregelen. Zeker bij vooroorlogse woningen (31% in het onderzoeksgebied) zullen de benodigde kosten niet altijd opwegen tegen de energiebesparing en CO₂-reductie.

Om aangesloten kunnen worden op een middentemperatuur-warmtenet is isolatie tot circa schillabel D voldoende. Ook voor oudere woningen is dit goed en relatief kosteneffectief te realiseren.

Akoestische en visuele beleving

Lucht-water warmtepompen gebruiken over het algemeen een buitenunit (net zoals airco's) die geluid maakt en zichtbaar is. Dit kan leiden tot geluidshinder, zeker wanneer woningen dicht op elkaar staan (zoals bij plaatsing op balkons en in kleine tuinen). Wij zien dit daarom als een relatief groot aandachtspunt bij individuele *all electric* warmtepompen. Waar WKO-systemen mogelijk zijn, kunnen ook *all electric* oplossing op complexniveau gerealiseerd worden. Voor sommige gebouwen is dit aandachtspunt daarom te mitigeren.

Het warmtenet en de CV ketel op aardgas (de fossiele referentie) hebben na realisatie geen nadelige akoestische en visuele effecten. Tijdens de aanleg van het warmtenet is er wel overlast en verkeershinder gezien alle straten (gefaseerd) geopend moeten.

	 All electric warmtepomp	 HT/MT warmtenet	 CV-ketel op aardgas
Vereist weinig aandacht ● ○ ○ ○ Vereist veel aandacht ● ● ● ●			
Woning geschikt te maken voor warmteoplossing 	● ● ● Minimaal schillabel B	● ● ○ Minimaal schillabel D	● ○ ○ Woningen geschikt
Akoestische en visuele beleving 	● ● ● Buitenunit (max. 40/45 dB op de erfgrans)	● ○ ○ Geen nadelen na realisatie	● ○ ○ Geen nadelen

BIJLAGE 5: TOELICHTING OP DE UITVOERBAARHEID

Uitvoeringscapaciteit collectieve warmtesector aandachtspunt bij warmtenetten

Zowel bij *all electric* als bij warmtenetten is er een tekort aan beschikbare (technische) arbeidskrachten. *All electric* vereist de meeste inzet van de netbeheerder, vanwege de benodigde netverzwaring. De schaarse arbeidscapaciteit bij de netbeheerder heeft brede implicaties, zoals maatschappelijke gevolgen zoals voor de economie (vestiging / aanpassing van bedrijven) en de huisvesting (nieuwe woningbouw).

Maar ook bij de uitvoeringscapaciteit voor de aanleg van warmtenetten zien we aanzienlijke uitdagingen. De politieke onzekerheid omtrent warmtenetten (Wcw / publiek eigendom) leidde tot onrust bij warmtebedrijven.

De ca. 73.000 aansluitingen op het warmtenet in de gemeente Den Haag hebben een flinke impact hebben op uitvoeringscapaciteit van de warmtenetsector wanneer de plannen worden doorgezet. Op dit moment worden er jaarlijks slechts ca. 15.000 gebouwen op een warmtenet aangesloten, waardoor de warmtenetsector relatief klein is.¹ Hierdoor kunnen aannemers zich niet voldoende specialiseren in de aanleg van warmtenetten, wat resulteert in het niet behalen van mogelijke efficiëntieslagen en kostenreducties. Door de beperkte groei van deze sector is zowel het aanbod van nieuwe praktisch geschoolde arbeidskrachten als de opleidingscapaciteit bij de aannemers de komende jaren beperkt.

	 All electric warmtepomp	 HT/MT warmtenet	 CV-ketel op aardgas
Vereist weinig aandacht  Vereist veel aandacht 			
Kwantitatief beschikbaarheid menskracht			
Kwalitatief complexiteit van de werkzaamheden; hoe hoog is de instroombarrière			
Opschaling productiviteit Vermogen van sector om arbeidsproductiviteit te verhogen			
Opschaling scholing Bestaande capaciteit scholing op te schalen			
Conclusie uitvoeringscapaciteit			
	Matige beschikbaarheid	Matige beschikbaarheid	Redelijke beschikbaarheid



Berenschot

www.berenschot.nl

linkedin.com/berenschot