



Vereffenen kosten warmtetransitie

Kostentoedeling in de warmtetransitie



Committed to the Environment

Vereffenen kosten warmtetransitie

Kostentoedeling in de warmtetransitie

Delft, CE Delft, 30 maart 2018

Publicatienummer: 18.3L96.024

Overheidsbeleid / Energievoorziening / Infrastructuur / Kosten / Warmte / Huishoudens / Emissies

Deze notitie is opgesteld door: Sebastiaan Hers, Frans Rooijers, Marijke Meyer

CE Delft

Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al 40 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.



Voorwoord

CE Delft heeft dit onderzoek uitgevoerd voor een groep bedrijven: Gasunie - GTS, Alliander, Stedin, Stadsverwarming Purmerend, ENnatuurlijk en TKI-Urban Energy.

Deze opdrachtgevers vormden samen een klankbordgroep die opzet en bevindingen in vier sessies heeft doorgesproken.

Het vertrekpunt was de herhaaldelijk genoemde stelling dat “socialisering van kosten van warmtenetten noodzakelijk is voor de rol van warmtelevering in de warmtetransitie”, goed te onderbouwen of te ontkrachten.

De conclusie is dat het (nog) niet van de grond komen van de warmtetransitie en daarin warmteleveringsprojecten, andere oplossingen kent en niet gaat om het socialiseren van de kosten van warmtenetten.

De onderzoekers bedanken de leden van de klankbordgroep voor hun constructieve bijdragen. De rapportage valt geheel onder verantwoordelijkheid van CE Delft.

Frans Rooijers
Directeur

Inhoudsopgave

Samenvatting	4
1 Vereffenen kosten warmtetransitie	6
2 Kosten en kostentoedeling in de warmtetransitie	7
2.1 Kosten van een klimaatneutrale warmtevoorziening in 2050	7
2.2 Belemmeringen	8
2.3 Robuustheid van uitkomsten	10
2.4 Samenvattend	11
3 Vereffening als oplossingsrichting	12
3.1 Vereffening in het energiesysteem	12
3.2 Rechtvaardigheidsbeginselen in vereffening	13
3.3 Rechtvaardige vereffening in de transitie	15
4 Vereffeningsopties in de warmtetransitie	16
4.1 Doelen voor vereffening	16
4.2 Aangrijpingspunten voor vereffening in de warmtetransitie	16
4.3 Prioriteiten voor vereffening	17
4.4 Verkenning van opties	19
5 Conclusies	23
6 Bibliografie	25
A Knelpunten warmtelevering Nederland	26
B Kostenanalyse warmtetransitie per woning	28
B.1 Samenvatting	28
B.2 Inleiding	29
B.3 Beschrijving van de concepten	30
B.4 Kostenontwikkeling warmtetransitie	36
B.5 Kosten per concept als alle woningen geschikt worden gemaakt voor een LT-warmtesysteem	41
B.6 Conclusies	43
C Model uitgangspunten	44
C.1 Opzet model en onzekerheden	44
C.2 Ontwikkeling van de kosten	44
C.3 Kostenverdeling per warmteconcept naar woningoppervlak	45
C.4 Verdeling naar woningeigendom per concept	47
C.5 Uitkomsten bij halvering van de kosten wijkdistributie op warmtenetten	48
C.6 Modelparameters	49
D Socialisering van netkosten warmte	57
D.1 Directe effecten van socialisering van netkosten warmte	58
D.2 Gevolgen voor de belanghebbenden	63
D.3 Rechtvaardigheidsperspectief op de vereffeningsopties	67
D.4 Conclusies	69



Samenvatting

Het vereffenen van de kosten van de warmtetransitie via de energie-infrastructuur is geen oplossing voor de belemmeringen van de warmtetransitie. De belangrijkste belemmeringen zijn de totale kostenstijging van het verwarmen van gebouwen die voor veel huishoudens niet of niet ineens te dragen zal zijn en de ongelijke concurrentie tussen aardgas en CO₂-vrije manieren van verwarmen. De eerste belemmering kan het beste via het inkomensbeleid worden opgelost, de tweede door substantiële verhoging van de kosten van CO₂-emissies zodat de aardgasprijs stijgt. Zolang dat effect nog gering is kan een tijdelijke subsidiering van CO₂-vrije/arme manieren van verwarmen toch de warmtetransitie op gang brengen.

De warmtetransitie betekent dat het verwarmen met aardgas vervangen wordt door een vorm van verwarmen zonder CO₂-emissie. De CO₂-emissie zal in maximaal 30 jaar naar nul gaan. Hiervoor zijn naast woningisolatie diverse opties voor handen die in vier groepen verdeeld kunnen worden:

- CO₂-vrij gas met CV-ketel of hybride warmtepomp.
- All electric met warmtepomp.
- Warmtelevering met diverse bronnen.
- Biomassa met een pelletketel.

Kosten en belemmeringen

OP basis van de huidige inzichten in kosten en de ontwikkeling daarvan, zal gemiddeld € 1000 per jaar per woning extra betaald moeten worden om de verwarming met aardgas te vervangen door een CO₂-vrije manier van verwarmen. De kostenopbouw van de klimaatneutrale opties verschilt sterk; in de ene optie gaat het vooral om kosten in de woning (all electric: isolatie, installatie) in de andere optie gaat het vooral om kosten buiten de woning (warmtelevering: infrastructuur). Daarmee komen de investeringen bij verschillende partijen terecht (eigenaren, netbeheerders, bewoners, energieleveranciers). Verder is de spreiding in de kosten erg groot, afhankelijk van type woning en van wijze van bewoning.

In de warmtetransitie zullen zich hierdoor belemmeringen gaan voordoen, die realisatie van een kostenefficiënte klimaatneutrale warmtevoorziening in de weg kunnen staan en kunnen vertragen. De belangrijkste belemmeringen zijn de totale kostenstijging van het verwarmen van gebouwen die voor veel huishoudens niet of niet ineens te dragen zal zijn en de ongelijke concurrentie tussen aardgas (met CO₂-emissie) en CO₂-vrije manieren van verwarmen.

De vraag is dan of socialiseren van infrastructuurkosten of andere vormen van vereffening deze belemmeringen kan oplossen. We maken daarbij een onderscheid tussen de situatie dat alleen nog klimaatneutrale manieren van verwarmen aan de orde zijn (eindbeeld), en de situatie dat klimaatneutrale opties bestaan naast het verwarmen met aardgas (transitiefase). Verschillende manieren van vereffening zijn geanalyseerd:

- Vereffening van kosten (van grootschalige) infrastructuur over alle / deel energiegebruikers
- Energiebelasting
- Subsidies.

Eindbeeld

Uitgaande van de laagste kosten voor klimaatneutraal verwarmen zal in de ene wijk warmtelevering de voorkeur hebben terwijl in andere wijken all electric het goedkoopste is. En in weer andere wijken weer CO₂-vrij gas. Dit wordt sterk bepaald door lokale factoren. De analyse in deze rapportage laat zien dat vereffening in de eindsituatie, als alle woningen klimaatneutraal verwarmd worden, geen bijdrage levert aan het oplossen van belemmeringen. Het creëert vaak nieuwe onrechtvaardigheid.

Bijvoorbeeld het idee om de kosten van infrastructuur gelijk te maken voor elk huishouden ongeacht of het gebruik maakt van warmtelevering, CO₂-vrijgas of elektriciteit leidt tot onrechtvaardig hogere lasten voor bijvoorbeeld een all electric woning omdat voor deze woning ook nog veel woning-maatregelen moeten worden getroffen. Vereffening van kosten voor infrastructuur over verschillende energiedragers tussen groepen huishoudens die zijn aangesloten op het gasnet en elektriciteitsnet is bovendien wettelijk niet mogelijk (EU-wetgeving).

De belangrijkste belemmering voor de eindsituatie is dat de kosten veel hoger zijn dan verwarmen met aardgas, niet iedereen kan die extra last dragen. Het oplossen van deze belemmering kan dus niet met vereffenen van infrastructuurkosten, maar zal kunnen gebeuren met het gericht ondersteunen van die groepen huishoudens die het niet kunnen betalen, of kunnen financieren.

Transitiefase

Voorlopig is er nog geen sprake van het eindbeeld. Het gebruik van aardgas is dominant en bepaalt de kostenreferentie voor alle alternatieven. Klimaatneutrale opties zullen pas gerealiseerd worden als emissies (zwaar) worden beprijsd en/of aardgas (wijk voor wijk) wordt afgekoppeld. Dan pas wordt het aantrekkelijker of noodzakelijk om klimaatneutrale alternatieven toe te passen in plaats van verwarming op aardgas.

Gedurende de transitie zullen zich situaties voordoen waarbij in de ene wijk nog met aardgas wordt verwarmd, terwijl in de wijk ernaast een klimaatneutrale optie wordt aangelegd. Zolang bewoners de klimaatneutrale optie kunnen vergelijken met aardgas (dat veel goedkoper is) zal er weerstand bestaan tegen die klimaatneutrale opties, of het nu warmtelevering, CO₂-vrij gas of all electric is. Met name de ontwikkeling van warmtenetten zal dan niet van de grond komen zolang het ongelijke speelveld van de klimaatneutrale opties ten opzichte van aardgas nog niet is opgelost. De belemmeringen die dit oplevert zijn met (tijdelijke) subsidies op te lossen. Tijdens de transitieperiode kan vereffening tussen huishoudens met een (dure) klimaatneutrale vorm van verwarmen en (goedkopere) aardgasverwarming rechtvaardig zijn. Dit zou dan een vereffening tussen de gebruikers van aardgas en alle andere klimaatneutrale opties betekenen en niet een vereffening tussen huishoudens die zijn aangesloten op gas enerzijds en warmtelevering/all electric anderzijds omdat ook gas gaandeweg vervangen wordt door duurder CO₂-vrij gas.

Het is goed denkbaar dat in de transitieperiode CO₂-vrije of CO₂-arme opties een exploitatie-vergoeding krijgen die afneemt in de tijd, terwijl aardgas extra belast wordt. Het mes snijdt hierbij aan twee kanten: het kostenverschil tussen aardgas en CO₂-vrije opties neemt af en er is dekking voor de kosten van subsidiering van de CO₂-vrije/arme opties.

1 Vereffenen kosten warmtetransitie

Met de warmtevisie heeft de Nederlandse overheid een perspectief geschetst op de benodigde warmtetransitie met als doel een klimaatneutrale warmtevoorziening in 2050. Deze warmtetransitie zal vragen om ingrijpende veranderingen in de Nederlandse warmtevoorziening. Zo zal de inzet van aardgas voor de warmtevoorziening moeten worden afgebouwd. Naast energiebesparing zullen daarom andere klimaatneutrale technieken moeten worden toegepast.

Bij alle opties die leiden naar klimaatneutraal verwarmen zijn financiële barrières te vinden die, als deze geslecht worden, kunnen bijdragen aan versnelling van de energietransitie. Dat zijn bijvoorbeeld de kosten voor installatie en aanpassing van de woning, maar ook de kosten voor verzwaring van de elektriciteitsnetten die nodig zijn bij massaal gebruik van elektrische warmtepompen. Dat geldt ook voor kosten van de infrastructuur voor warmtelevering. De ervaring leert dat de ontwikkeling van warmtenetten de nodige belemmeringen kent. Zo bleken in het verleden potentiële leveranciers van restwarmte beperkt gemotiveerd tot warmtelevering, bleken de financiële risico's in de ontwikkeling van warmtenetten hoog en was tot slot ook de eindverbruiker niet altijd gemotiveerd om afstand te doen van de dominante en reeds beschikbare optie van de CV-ketel tegen vergelijkbare maandelijkse lasten (zie ook Bijlage A). Een recente analyse van het Planbureau voor de leefomgeving laat zien dat deze barrières nog altijd actueel zijn (zie (PBL, 2017)).

De zoektocht is nu gestart naar een kostenefficiënte invulling van de doelstelling om klimaatneutraal te verwarmen in 2050. De doelstelling van dit project is dan ook:

Verkenning van toegevoegde waarde van (verschillende vormen van) socialisering/vereffenen van kosten van warmteopties in het streven naar een klimaatneutrale warmtevoorziening tegen de laagste maatschappelijke kosten.

Uitgangspunten daarbij zijn:

- Besluitvorming tot de optimale keuze op gemeentelijk niveau aan de hand van MKBA op basis van werkelijke kosten (van klimaat neutrale warmtevoorziening), i.e. buiten eventuele kosten-verdelingsvraagstukken.
- De bewoner/eigenaar behoudt keuzevrijheid maar wordt blootgesteld aan prikkels die de onderliggende werkelijke kosten reflecteren. De meerkosten van de individuele keuze, op basis van werkelijke kosten, worden betaald door degene die een afwijkende keuze maakt.

Op basis van deze uitgangspunten kunnen vormen van vereffening bestaande weerstanden voor ontwikkeling van de maatschappelijk goedkoopste warmteopties wegnemen.

2 Kosten en kostentoedeling in de warmtetransitie

In deze notitie wordt als startpunt het bredere kader van kostentoedeling in de warmtetransitie geschetst. De warmtetransitie met als doel een klimaatneutrale warmtevoorziening in 2050 zal vragen om ingrijpende veranderingen in de Nederlandse warmtevoorziening die bovendien aanzienlijke kosten met zich mee zullen brengen. In de kostenanalyse van de warmtetransitie per woning (zie Bijlage B) wordt een beeld geschetst van de benodigde veranderingen in de warmtevoorziening tot 2025 als wordt ingezet op een kostenefficiënte invulling van de doelstelling. In de notitie worden ook de bijbehorende keten- of systeemkosten gepresenteerd en omgeslagen naar verschillende categorieën van woningen. Een dergelijke kostenomslag zou betekenen dat de kosten van de transitieopgave op onevenwichtige wijze neer zouden slaan bij de verschillende eindgebruikers.

In de navolgende paragrafen zal achtereenvolgens worden ingegaan op de belemmeringen voor de warmtetransitie die uit dit kostenperspectief voortvloeien. Deze belemmeringen werpen in feite een kostenverdelingsvraagstuk op dat zal moeten worden opgelost om tot een breed gedragen en dus succesvolle warmtetransitie te komen. Daarop zal worden verkend welke randvoorwaarden er van belang zijn in de afweging om overheidsingrijpen in de vorm van aanvullende reguleringskaders of vereffeningsmechanismen te rechtvaardigen. Daarmee wordt zicht geboden op de contouren van een breed gedragen inrichting van de warmtemarkt die deelnemers kan motiveren om energie in te zetten op de benodigde warmtetransitie.

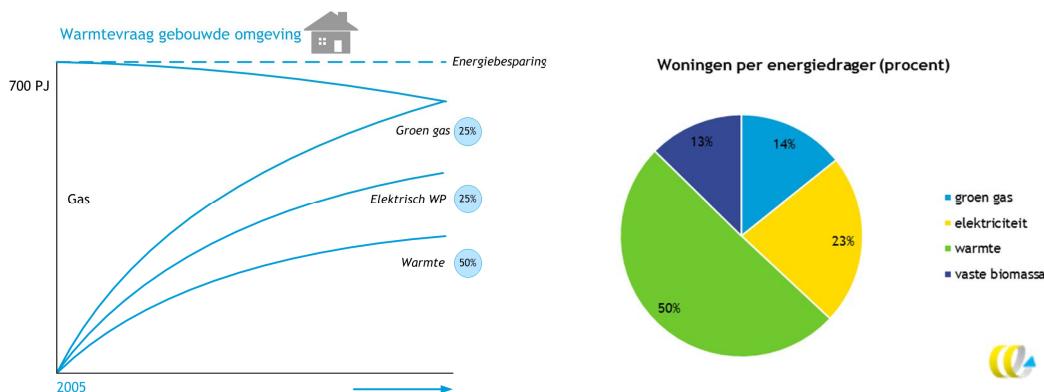
2.1 Kosten van een klimaatneutrale warmtevoorziening in 2050

De betekenis van de doelstellingen voor de warmtevraag in de gebouwde omgeving, de lage temperatuur warmtevraag, zijn onder meer verkend in de Denktank Vernieuwing Energiemarkt (CE Delft, 2015). Startpunt voor de verkenning is de berekening van een kostenefficiënte invulling van de doelstelling met alle beschikbare technische opties voor warmtevoorziening, zoals aardgas-CV, elektrische warmtepomp, bio-pelletketel en diverse vormen van warmtelevering. Het gaat daarbij om de totale kosten op systeemniveau, dus brandstof, gebouwinstallaties, bijbehorende benodigde gebouw maatregelen zoals isolatie en de infrastructuur voor gas/elektriciteit of warmte. Uitgaande van hoge kosten voor CO₂-emissies (en dus aardgas buiten beschouwing latend) laten de berekeningen zien dat in de kostenefficiënte invulling van een klimaatneutrale warmtevoorziening een viertal categorieën kan worden onderscheiden:

- energiebesparing in alle gebouwen;
- de helft van de gebouwen met warmtelevering;
- een kwart met CO₂-vrijgas (met CV of hybride warmtepomp) of biomassa;
- een kwart met elektrische warmtepompen.

Een dergelijk beeld komt ook naar voren in recentere analyse van het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL, 2017) en kostenanalyse van de warmtetransitie per woning (zie Bijlage B). Uit de modelberekeningen blijken de gebieden waar warmtelevering op termijn de goedkoopste optie wordt, te liggen in stedelijke gebieden (met uitzondering van de monumentale binnensteden waar kosten voor de infrastructuur en aanpassing aan de monumentale panden hoog liggen). Op het platteland en in dorpen komen groengas en elektrische warmtepompen als goedkoopste naar voren. De all electric-optie is vooral kostenefficiënt als het gaat om de buitengebieden. Uit de verkenning blijkt echter dat de geschetste kostenefficiënte invulling van een klimaatneutrale warmtevoorziening in 2050 onder de huidige marktinrichting niet zonder meer gerealiseerd zal worden.

Figuur 1 - Kostenefficiënte invulling van klimaatneutrale warmtevoorziening richting 2050



2.2 Belemmeringen

Kosten van de warmtetransitie kunnen verschillende belemmeringen opwerpen voor de transitie naar een kostenefficiënte invulling van een klimaatneutrale warmtevoorziening. In Bijlage B zijn de kosten uitgebreid beschreven.

In de eerste plaats vormt **het ongelijke speelveld tussen enerzijds klimaatneutrale opties en anderzijds de inzet van aardgas** een belangrijke barrière voor realisatie. Aardgas, nu verantwoordelijk voor ongeveer 90% van de invulling van de warmtevraag, is op dit moment veruit de goedkoopste optie. Het gemiddelde jaarlijkse gasverbruik van een Nederlands huishouden lag in 2016 rond de 1.500 m³, waarvan ongeveer 80% wordt ingezet voor warmte. De jaarlijkse kosten lagen daarmee op ongeveer € 1.350 (incl. BTW) waarvan ongeveer € 200 netkosten, € 550 overheidsheffingen, € 400 leveringskosten voor gas en tot slot € 200 voor afschrijving van de ketel. De bijbehorende klimaatkosten zijn nu echter niet terug te zien in de kosten voor aardgasgestookte verwarming. Volgens de vigerende inzichten zullen de bijbehorende CO₂-emissies bijdragen aan klimaatverandering en enige daaruit volgende geleden schade door derden wordt niet toegerekend aan de veroorzaker.¹ De kosten voor alle klimaatneutrale opties liggen gemiddeld een jaarlijkse € 1.000 hoger dan de huidige kosten voor verwarming (zie Bijlage B). De kostentoe name reflecteert echter wel de werkelijke kosten van een klimaatneutrale warmtevoorziening.

Een eerste vereiste voor een succesvolle warmtetransitie is dan ook dat inzet van aardgas voor warmtevoorziening ontmoedigd of onmogelijk wordt. Dit kan bijvoorbeeld door invoering van een heffing op aardgas of regulerende maatregelen. Een heffing van € 0,50 per m³, nodig om CO₂-vrij gas te kunnen produceren, zou de eindverbruikerskosten doen toenemen tot ongeveer € 1,10 per m³ (inclusief de huidige belastingen) en de jaarlijkse kosten op een niveau van € 2.250 per jaar brengen.² Als alternatief kunnen reguleringsmaatregelen worden ingevoerd zoals een verbod op plaatsing van

¹ Een dergelijk fenomeen wordt in de economische wetenschap een externaliteit of extern effect genoemd, en de betreffende kosten worden gekarakteriseerd als externe kosten. Externe effecten van economisch handelen hebben gewoonlijk geen invloed op de economische afweging, zodat de prikkel tot maatschappelijk optimaal handelen onvolledig is.

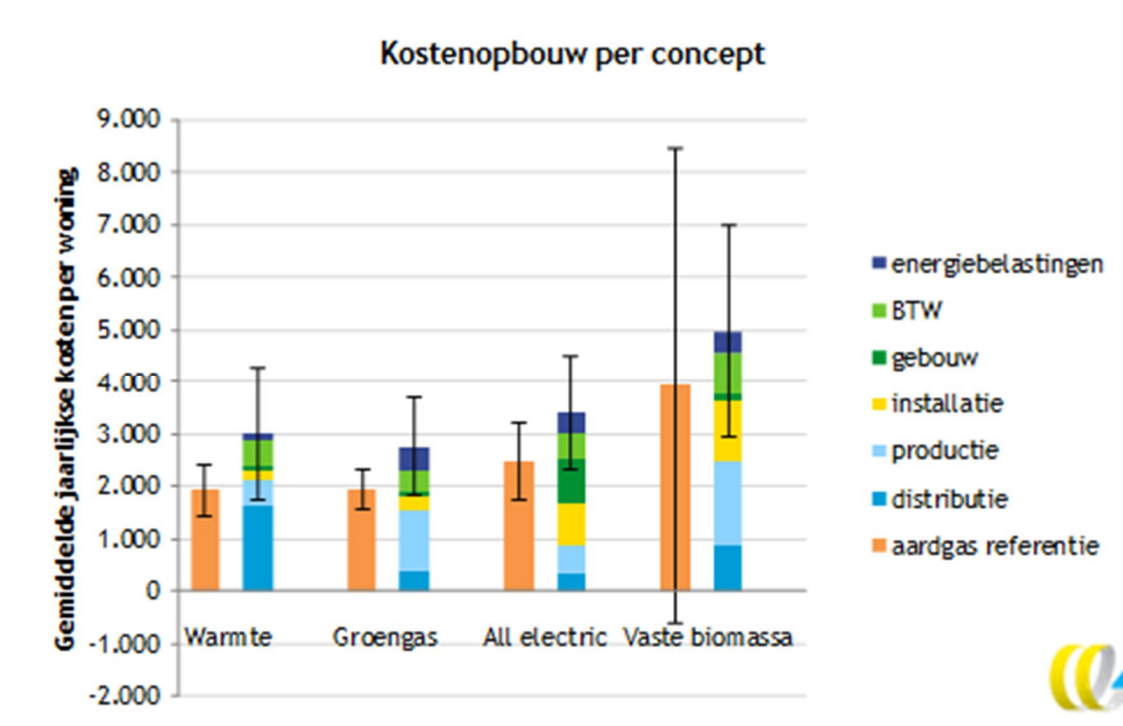
² Een dergelijke heffing kan ook worden gebaseerd op inschattingen van de klimaatschade die ermee berokkend wordt aan derden, waarmee de externe kosten worden geïnternaliseerd (zie ook (Stern, 2007)). Een voorbeeld van dergelijke internalisering wordt geboden door het Europese systeem van verhandelbare emissiecertificaten, het European Emission Allowance System (EU ETS). In dit systeem vormen echter emissiedoelstellingen in de vorm van een emissieplafond de basis voor de prijsvorming van de rechten, zodat de prikkel wordt gebaseerd door de kosten van emissiereductie in plaats van de inschatting van externe kosten.

aardgasgestookte CV-ketels, zodat het klimaatneutraal alternatief resteert als optie.³ In beide gevallen zal dit leiden tot een sterke toename van de kosten voor verwarming. Deze kostentoeename van de voorziening van deze basisbehoefte zal lagere inkomensgroepen onevenredig hard raken; het gemiddelde besteedbare inkomen van de 10% huishoudens in de laagste inkomenscategorie ligt rond de € 7.400 op jaarbasis.⁴ Alhoewel toeslagen (huur, zorg, kinderopvang, e.d.) de gevolgen van een energiekostenverhoging mogelijk zullen dempen, zal energiearmoede een belangrijk aandachtspunt worden (zie ook (CE Delft, 2017)). In deze notitie veronderstellen we dat op de ontmoediging van verwarming met aardgas via beprijzing of regulering én de benodigde koopkrachtrepatriatie voor de lage inkomensgroepen zal worden ingezet. Daarmee zal in deze rapportage niet verder op deze vraagstukken worden ingegaan.

In de tweede plaats ligt er een aantal belemmeringen **in de ongelijke opbouw van kosten tussen de verschillende klimaatneutrale energiedragers**.

Bij toepassing van kostenefficiënte klimaatneutrale verwarmingsconcepten worden de kostenverschillen per woningcategorie onderling sterker (zie Figuur 2). De kosten van verwarming voor all electric en vaste biomassa per woning liggen bijvoorbeeld ruim boven de kosten van alternatieven. Deze opties zijn vooral kostenefficiënt voor de warmtetransitie in de buitengebieden. Daarmee worden echter de huishoudens (woningeigenaren of huurders) in buitengebieden wel geconfronteerd met relatief hogere kosten voor warmtevoorziening dan anderen, hetgeen de bereidheid om over te schakelen op kostenefficiënte klimaatneutrale verwarming niet ten goede zal komen.

Figuur 2 - Jaarlijkse kosten per woning klimaatneutraal



³ Deze maatregel is sinds 2013 van kracht in Denemarken (Dekker, 2012). De maatregel vormt onderdeel van een breed pakket van beleidsmaatregelen om een warmtetransitie te bewerkstelligen. De Deense overheid voert al sinds de oliecrisis in de jaren zeventig actief beleid met dit oogmerk. Overigens wordt de eerste maatregel (heffingen op aardgas) ook toegepast in Denemarken, als het gaat om toepassing van aardgas voor stadsverwarming. In dit geval wordt beoogd de inzet van groengas te stimuleren.

⁴ Bron: CBS, 2017.

Figuur 2 geeft de jaarlijkse kosten per woning voor de kostenefficiënte invulling van een klimaatneutrale warmtevoorziening in alle gevallen incl. elektriciteit en (amovering van) gas. Voor elke categorie is ook de standaard deviatie van de kosten per woning aangegeven. De kosten van warmtevoorziening op aardgas in 2017 zijn opgenomen als referentie (meest linker staaf).

Bovendien is er sprake van grote kostenverschillen binnen de aangegeven categorieën van klimaat-neutrale verwarming. In dit geval springen **de kostenspreidingen** van verwarming met warmtelevering en vaste biomassa in het oog, met grote kostenverschillen per woning. In geval van warmtenetten ligt de spreiding lager, maar gaat het nog altijd om bandbreedten van zo'n € 1.500 tot € 2.000 per jaar. Hierbij speelt bovendien de complicatie dat de investering in het warmtenet vereist dat er voldoende aansluitingen worden gerealiseerd: naarmate er zich in een verzorgingsgebied minder afnemers voor warmtelevering melden, zullen de hoge kapitaalslasten door minder deelnemers moeten worden gedragen. Ook hieruit volgt dat er grote verschillen zullen zijn in de bereidheid om over te schakelen op kostenefficiënte klimaatneutrale verwarming, die rendabele ontwikkeling van benodigde infrastructuur in de weg zal staan.

Tot slot verschilt **de kostenopbouw** van de verschillende technieken sterk. Bij warmtelevering is een grote investering nodig in de energie-infrastructuur, groengas opties hebben hoge (variabele) energiekosten en all electric-woningen behoeven een dure installatie en een goed isolatieniveau. In het eerste geval volgen hoge vaste kosten met lage variabele energiekosten (tenzij zoals op dit moment warmteleveranciers gedwongen blijven om hun vaste kosten te vertalen in variabele kosten voor de afnemer), in het tweede geval hoge variabele energiekosten en, tot slot, zal in het derde geval de initiële investering in de woning hoog zijn met lage variabele energiekosten. Een huishouden geconfronteerd met een hoog vastrecht zal moeten leven met deze hoge vaste lasten. Hoge variabele kosten kunnen daarentegen nog beïnvloed worden door gedrag, al zal de flexibiliteit in gebruikspatronen voor singles, gezin of senioren sterk verschillen. De hoge investeringen voor all electric vereisen financiële armslag van de woningeigenaar maar zijn eenmalig en komen wellicht nog tot uiting in de woningwaarde; per slot van rekening liggen de variabele kosten nadien laag. Het verschil in kostenopbouw heeft dus gevolgen voor de mate van invloed die de woningeigenaar of huurder op de kosten heeft en dus ook op zijn/haar kostenperceptie. Ook in dit geval zal de bereidheid om over te schakelen op kostenefficiënte klimaatneutrale verwarming verschillen.

2.3 Robuustheid van uitkomsten

De analyse in het rapport is gebaseerd op vergelijking van de laagste kosten per wijk voor verduurzaming. De basis hiervoor wordt gevormd door inschattingen van kostenniveaus in 2025 van de nu voorziene dan beschikbare opties en met de kennis van vandaag. Zoals uit het rapport blijkt is de kostenstructuur van de verschillende opties zeer verschillend, hoge kosten infrastructuur en lage kosten installatie/woning versus lage kosten infrastructuur en hoge kosten woning/installatie. Ook zullen de benodigde uitgaven door de tijd sterk verschillen. Dit heeft grote implicaties voor de afweging, voor de governance en voor de realisatie van een te kiezen duurzame oplossing. De belangen en de benodigde stimuleringsmaatregelen verschillen substantieel per duurzame variant. In veel gevallen in de praktijk zal het zo kunnen zijn dat de goedkoopste oplossing en de een na goedkoopste oplossing, zoals deze volgt uit deze statische analyse, niet significant zullen verschillen. Gevoeligheidsanalyses zijn daarom zeer relevant om gevoel te kunnen krijgen voor de mogelijke impact hiervan. Het huidige beeld suggereert dat de gemiddelde kostenstijging per klimaatneutrale optie vergelijkbaar zal zijn, en dat is een van de redenen dat socialisering van netkosten over verschillende energiedragers een minder aantrekkelijke vorm van vereffening lijkt te bieden. Vast staat wel dat kostenverschillen zullen optreden gedurende de transitie. De te maken afwegingen in de praktijk zullen daarom dynamische van aard moeten zijn, waarbij structureel actuele kennis in de afwegingen tussen goedkoopste en eerstvolgende varianten meegenomen behoren te worden.

2.4 Samenvattend

Samenvattend zal directe kostendoorberekening van de werkelijke onderliggende systeemkosten van de kostenefficiënte invulling van de klimaatneutrale warmtevoorziening aan de woningeigenaar/gebruiker een serie belemmeringen voor realisatie met zich meebrengen:

1. De kosten van klimaatneutrale warmtevoorziening liggen voor vrijwel alle woningen significant hoger dan de huidige kosten voor verwarming op aardgas en vragen om:
 - sterke ontmoediging van de huidige aardgasinzet;
 - aanvullend inkomensbeleid om ongewenste koopkrachteffecten te beperken.
2. De hoogte en de aard van de kosten van klimaatneutrale warmtevoorziening zullen onevenredig verdeeld zijn over de verschillende woningen:
 - grote verschillen in totale kosten (spreiding);
 - grote verschillen in kostenopbouw: hoge/lage investeringen in of buiten de woningen hoge/lage variabele kosten.

De kosten voor klimaatneutraal verwarmen zijn gemiddeld gewogen € 1.000 hoger per jaar dan de huidige manier van verwarmen met aardgas. In (huidige) kosten zijn niet alleen de energie en netkosten voor verwarmen opgenomen, maar ook de kosten voor de elektriciteitsvraag van de woningen en de jaarlijkse kosten voor de installatie en gebouwmaatregelen. Hierdoor zijn de kosten hoger dan de huidige gemiddelde energierekening. De gemiddelde kosten per warmteconcept lopen uiteen, zoals aangegeven in onderstaande tabel. Voor alle concepten geldt echter dat de meerkosten voor klimaatneutraal verwarmen ongeveer € 1.000 euro bedragen. Deze kosten komen op verschillende manieren, afhankelijk van het concept, als investering (isolatie, huisinstallatie), jaarlijkse vaste kosten (netkosten) en/of variabele energieprijzen bij de consument.

Tabel 1 - Gemiddelde jaarlijkse kosten per warmteconcept in €/jaar

Concept	Huidige kosten (aardgas)	Kosten in 2025	Verschil
All electric	2.500	3.400	+900
Groengas	1.900	2.800	+900
Warmtelevering	1.900	3.000	+1.100
Vaste biomassa	3.900	5.000	+1.000

Daarmee zal er bij veel woningeigenaren/huurders de nodige weerstand zijn om over te schakelen op kostenefficiënte klimaatneutrale verwarming. Vereffening van kosten en kostenverschillen biedt in principe de mogelijkheid deze belemmeringen weg te nemen. De aandacht in deze notitie ligt daarbij met name bij de tweede uitdaging, i.e. de kostenverschillen en verschillen in kostenstructuur; we nemen aan dat de eerste zal worden opgelost omdat er anders geen transitie tot stand komt.

3 Vereffening als oplossingsrichting

Onder vereffening verstaan we in dit verband de inzet van verschillende mechanismen die door de Rijksoverheid ingezet kunnen worden om verschillen in eindverbruikerskosten te vereffenen. Daarbij kan gedacht worden aan subsidies, garanties, goedkope leningen, energietoeslag voor lagere inkomens, belastingaftrek aanpassing woning, via algemeen middelen, en socialiseren van bepaalde kostenelementen, waarvan de infrastructuur de meeste aandacht krijgt in discussies over de warmte-transitie.

3.1 Vereffening in het energiesysteem

Een voorbeeld van dergelijke mechanismen in de huidige markt zijn overheidsheffingen zoals energiebelasting, waarmee (verschillen in) kostendoorberekening voor gas, warmte en elektriciteit per woning worden beïnvloed. De afgelopen jaren lag de energiebelasting per GJ voor elektriciteit tot zes maal hoger dan voor aardgas. De verschuiving van energiebelasting op basis van energie-inhoud impliceert bijvoorbeeld vereffening van de eindverbruikerskosten per GJ, zodat deze de onderliggende systeemkosten van aardgas versus elektriciteit beter reflecteert (zie ook CE Delft, 2015).

Vereffening wordt ook toegepast voor andere doeleinden. Denk bijvoorbeeld aan de tarifiering van de netwerkkosten voor de verschillende energiedragers (gas, elektriciteit en warmte). In dit geval worden de gemiddelde kosten van het netwerk op lange termijn toegerekend aan verschillende gebruikers-categorieën en niet de directe kosten per aansluiting in rekening te brengen, i.e. de netwerkkosten worden gesocialiseerd. In de categorie kleinverbruikers hebben aangesloten (per netbeheerder en per energiesoort) te maken met eenzelfde tarief onafhankelijk van de werkelijke kosten op het niveau van de aansluiting. Bij gas en elektriciteit, waar de netbeheerders een groot gebied bedienen, zullen zo de hoge kosten voor sommige kleinverbruikersaansluitingen in bijvoorbeeld buitengebieden met relatief hoge lokale investeringskosten voor aansluiting op de hoofdinfrastructuur gedeeltelijk gedragen door de overige aangesloten op het netwerk van de netbeheerder. De methodiek biedt dus de mogelijkheid om de kosten van toegang tot deze voorziening laag te houden voor alle kleinverbruikers. Inzet op hoge toegankelijkheid van deze basisvoorziening is dan ook één van de principes die ten grondslag ligt aan de toepassing van socialisering van netkosten.

In geval van warmtenetten wordt dergelijke vereffening toegepast door de toepassing van een maximumprijs; op basis van het NMDA-principe betalen warmteafnemers niet meer dan een gemiddelde gasafnemer en bovendien betalen aangesloten vrijwel eenzelfde vastrecht. In dit geval worden de kosten niet over een groot gebied gesocialiseerd maar is het effect voor de aangesloten (zelfde tarief) wel hetzelfde. Het maximeren van het tarief – gecombineerd met een kleinere mogelijkheid tot socialiseren van de netkosten bij warmte – leidt er toe dat het voor de investeerders rendabel krijgen van warmtenetten in een gebied met een groot aantal 'dure' aansluitingen niet mogelijk zal zijn en deze netten dus niet gerealiseerd zullen worden.

Zoals uit voorgaande blijkt wordt vereffening toegepast om invulling te geven aan verschillende beginselen in kostentoewijzing om te komen tot een schone, betrouwbare en betaalbare energievoorziening. Een tweetal beginselen is daarbij al aan de orde gesteld:

- **Kostenveroorzakingsprincipe**

De basis van het principe dat de kostenveroorzaker betaalt ligt niet alleen dicht aan tegen een rechtvaardigheidsbeginsel (de vervuiler betaalt), maar ook een economische beginsel: de gebruiker met keuzevrijheid moet een (financiële) prikkel ondervinden die de onderliggende systeemkosten reflecteert (geen mogelijkheden tot freeriding) om te komen tot een kosten-efficiënte invulling van behoeften.

- **Toegankelijkheidsbeginsel (basisbehoeften)**

Het beginsel dat iedereen toegang moet hebben tot een (schone, betrouwbare en) betaalbare energievoorziening wordt breed onderschreven in nationaal en Europees energiebeleid en ligt

onder meer besloten in de bijzondere positie die de kleinverbruiker geniet als een energieafnemer die een hoog niveau van consumentenbescherming verdient, of het nu gaat om gas, elektriciteit of warmte.

Het mag duidelijk zijn dat deze twee beginselen op gespannen voet met elkaar kunnen staan: strikte toepassing van het kostenveroorzakingsbeginsel kan leiden tot (sterk) verminderde toegankelijkheid van de energievoorziening voor specifieke afnemersgroepen, terwijl toepassing van het toegankelijkheidsbeginsel leidt tot herverdeling van de onderliggende systeemkosten die freeridgedrag in de hand kan werken.

Deze twee beginselen zullen zich bij de toenemende kosten van de energietransitie vaker gaan dienen. Zo wordt alom verwacht dat het uniforme nettatarief voor kleinverbruik in elektriciteit⁵ onder druk zal komen te staan door de groei van bijv. elektrisch vervoer. De toenemende netbelasting op wijkniveau kan de capaciteitsbehoefte en bijbehorende verzwaringskosten sterk doen oplopen. De vraag wordt dan; wie gaat er hoe betalen voor de netverzwaring?

De voorgenoemde beginselen worden ook in dit debat aan de orde gesteld:

1. Veel kosten kunnen worden bespaard als afnemers met elektrisch vervoer worden gestimuleerd gelijktijdigheid in afname te beperken (wat pleit voor toepassing van het kostenveroorzakings-principe en beperking van het huidige freeridgedrag).
2. De afwenteling van additionele kosten op alle overige kleinverbruikers, en in het bijzonder de kleinverbruikers die door beperktere financiële armslag niet snel toegang zullen hebben tot elektrisch vervoer, is niet wenselijk (wat ervoor pleit te waken voor de hoge kosten voor de toegankelijkheid van de elektriciteitsvoorziening, en in het bijzonder voor lagere inkomens).

In dit geval is een oplossingsrichting denkbaar die recht doet aan beide beginselen: de kosten van netverzwaring zouden toebedeeld moeten worden aan de kostenveroorzaker en bovendien aan moeten zetten tot laadgedrag dat de piekbelasting op wijkniveau beperkt. Als oplossingsrichting wordt vanuit netbeheer dan ook gedacht aan flexibele nettarieven waarbij netgebruik op momenten dat netbelasting hoog is ook hogere kosten met zich mee zal brengen voor de kleinverbruiker.⁶ Dat wordt anders als de kosten veroorzaakt worden door inzet van opties zonder (realistische) alternatieven voor invulling van een basisbehoefte zoals warmtevoorziening.

3.2 Rechtvaardigheidsbeginselen in vereffening

De voorbeelden laten zien dat bestaande vereffeningsmechanismen hun grondslag vinden in verschillende rechtvaardigheidsprincipes. De meningen over wat het begrip 'rechtvaardigheid' inhoudt verschillen, maar er is een beperkt aantal te verdedigen coherente opvattingen over rechtvaardigheid. In het licht van de verwachte kosten voor de warmtetransitie en het bijbehorende kostenverdelingsvraagstuk heeft CE Delft samen met Marc Davidson van de UvA een serie rechtvaardigheidsprincipes uitgewerkt (CE Delft, 2017), die veelal put uit literatuur in de politieke filosofie:

- **Strikt egalitarisme**
Het meest simpele verdelingsprincipe is dat iedereen gelijk deelt. Toch vinden de meeste mensen een gelijke verdeling in weinig gevallen rechtvaardig. Bijvoorbeeld als dat wat valt te verdelen de duidelijke verdienste is van één persoon of dat er een persoon is die duidelijk meer belang heeft bij wat valt te verdelen dan de anderen.
- **'De vervuiler betaalt', vrijheid en libertarisme**

⁵ Het zogenaamde capaciteitstarief: een vast tarief voor gestandaardiseerde aansluitcapaciteit die slechts beschikbaar is als niet iedereen daar tegelijk gebruik van maakt.

⁶ Overigens wordt vanuit de leveranciers gesteld dat daarmee gelijke toegankelijkheid in het geding komt.

Een belangrijk moreel principe is dat mensen vrij moeten zijn van beperkingen of dwang door anderen bij het zelf invulling kunnen geven aan het eigen leven. Libertairen hebben daarom sterke bezwaren tegen welvaartsherverdeling via belastingen. De overheid is echter wel geëigend in te grijpen wanneer gedrag schade aan anderen zou kunnen toebrengen. Dit beleid dient dan wel te zijn gebaseerd op het principe dat de vervuiler of gebruiker betaalt: kosten behoren te worden gedragen door diegenen die causaal verantwoordelijk zijn voor de kosten die moeten worden gemaakt, en wel evenredig naar de individuele bijdrage aan die kosten.

- **Solidariteit, liberaal-egalitarisme en het draagkrachtprincipe**
In tegenstelling tot libertairen zien liberaal-egalitairers wel degelijk redenen voor herverdeling van welvaart door een overheid. Waar libertairen het eigen inkomen volledig als eigen verdienste zien, beschouwen liberaal-egalitairers het inkomen ook deels het gevolg van geluk en pech dat men niet zelf heeft opgezocht.
- **Minimumrechten en basisbehoeften**
Een harde ondergrens aan de hulp die de meer bedeelden aan de minder bedeelden behoren te geven, wordt gegeven door het idee van positieve mensenrechten. Men zou dan een recht kunnen erkennen dat mensen niet in energie-armoede hoeven te verkeren, tenminste onder de veronderstelling dat anderen in staat zijn tot het bieden van hulp zonder daarbij zelf in energie-armoede te vervallen.
- **Utilisme en efficiëntie**
Volgens het utilisme is de enige maatstaf om te bepalen of de maatschappij op een juiste wijze is ingericht de totale hoeveelheid geluk, nut of welzijn van alle betrokkenen. Beleid is goed indien daarmee het totale geluk wordt gemaximaliseerd. Van belang voor het utilisme is daarom ook dat beleid zo efficiënt mogelijk is.
- **Het 'de begunstigde betaalt'-principe**
Het gaat hier in zekere zin om het vervuiler betaalt principe met terugwerkende kracht. Het idee achter het 'de begunstigde betaalt' principe is dat die rijkdom die dankzij emissies in het verleden is vergaard extra verantwoordelijkheid schept. Men heeft als meer welgestelde niet enkel verantwoordelijkheid vanuit solidariteit simpelweg omdat men rijker is, maar ook omdat die rijkdom mede tot stand is gekomen door juist die activiteiten die nu hoge kosten noodzakelijk maken.
- **Gelijke rechten op de milieugebruiksruimte**
In het klimaatdebat is een populair principe dat niemand in de wereld meer recht heeft op natuurlijke hulpbronnen of de opnamecapaciteit van de atmosfeer voor afvalstoffen, zoals broeikasgassen, dan een ander en dat daarom elke wereldbewoner een gelijk recht heeft. Het liberale uitgangspunt van een maximale vrijheid voor eenieder verenigbaar met een gelijke vrijheid voor allen, betekent een gelijke per capita aanspraak op natuurlijke hulpbronnen.

In een recente analyse van rechtvaardigheid in tarifiering (RUG, 2017) is een vergelijkbaar kader van rechtvaardigheidsbeginselen voor de evaluatie van rechtvaardige nettarieven terug te vinden, zij het op basis van gedrags-economische en ethische principes.

Het **kostenveroorzakingsprincipe** en het **draagkrachtprincipe** vertolken belangrijke morele en politieke intuïties en liggen ten grondslag aan het principe van 'common but differentiated responsibilities' dat is geformuleerd in 1992 tijdens de United Nations Conference on Environment and Development (UNCED). Volgens het eerste principe behoren de kosten van klimaatbeleid te worden gedragen door diegenen die causaal verantwoordelijk zijn voor de noodzaak van het maken van die kosten, en wel evenredig met die verantwoordelijkheid. Volgens het tweede principe behoren kosten te worden verdeeld naar de mate waarin men in staat is om de kosten te dragen: de welgestelden dragen dan een groter deel van de kosten dan de minder welgestelden, los van de vraag wie causale verantwoordelijkheid draagt. In energie is een derde principe ook van toepassing op de toegankelijkheid van de publieke infrastructuur, namelijk het egalitarisme of **gelijkheidsprincipe**. Er zijn wel beperkte verschillen van (regionale) netbeheerder tot netbeheerder maar voor het overige

wordt een vast bedrag per aansluiting voor gebruik van het gas en elektriciteitsnet gerekend, ongeacht of om een aansluiting in een stad of in een dorp of op veen- of zandgrond gaat. Dit principe is in de doelstelling van Europese en Nederlandse tariefregulering verankerd als het non-discriminatie principe⁷: soortgelijk netgebruik moet onder dezelfde omstandigheden tot hetzelfde tarief leiden, zodat dit de elektriciteitsmarkt niet verstoort. Bovendien wordt in deze regulering ook expliciet gesteld dat tarieven voor nettoegang niet afstandsgebonden mogen zijn.

3.3 Rechtvaardige vereffening in de transitie

De besproken principes bieden een afwegingskader om te komen tot keuzes in vereffening in de warmtetransitie. Daarbij lijken de keuzes in vereffening in de warmtetransitie te vragen om een balans tussen ten minste de drie besproken beginselen.

Het **kostenveroorzakingsprincipe** staat garant voor kostenefficiëntie: dit principe legt de basis voor de financiële eindverbruikersprikkel om keuzes te maken die in lijn zijn met kostenefficiënte invulling op systeemniveau. Dit principe wordt bij vereffening in potentie gecompromitteerd: vereffening kan ertoe leiden dat alternatieve oplossingen aantrekkelijker worden, afhankelijk van de wijze van vereffening. Bij vereffening zal dan ook rekening gehouden moeten worden met de mate waarin dit principe wordt losgelaten.

Dat laat onverlet dat er goede redenen kunnen zijn om strikte toepassing van dit principe in bepaalde situaties te dempen. Denk bijvoorbeeld aan situaties waarin een eindverbruiker geen alternatieven heeft en door de omstandigheden altijd hoge kosten zal veroorzaken. Strikte toerekening van de onderliggende kosten voor een klimaatneutrale warmtevoorziening in 2050 zo kan bijvoorbeeld leiden tot hoge kosten voor warmtevoorziening in de buitengebieden en raakt daarmee aan het **gelijkheidsprincipe**. In nettarifering voor aardgas en elektriciteit wordt toepassing van het kostenveroorzakingsprincipe dan ook begrensd op grond van het gelijkheidsbeginsel.

Het is ook goed denkbaar dat bij strikte toepassing van kostenveroorzakingsprincipe het **draagkrachtsprincipe** in het gedrang komt (ondanks reeds bestaande vereffeningsmechanismen zoals de huurtoeslag). Dat geldt in ieder geval voor de relatieve mate waarin de toenemende warmtekosten de lagere inkomensgroepen raken of bijv. specifieke groepen van woningbezitters waarvan hoge initiële investeringen worden gevegd. Daarnaast is er een relatie tussen inkomen en woonomstandigheden, die dit effect kan versterken (of matigen natuurlijk).

Tot slot vormen het gelijkheidsprincipe en het draagkrachtprincipe natuurlijk een tegenstelling. Terwijl vanuit het draagkrachtprincipe juist de welgestelden zouden moeten worden aangeslagen, kan vanuit het gelijkheidsprincipe een generiekere tegemoetkoming overwogen worden omdat het hier gaat om een basisbehoefte. In Nederland wordt bijvoorbeeld een jaarlijkse vaste energiebelastingvermindering toegepast voor elke woning (i.e. 'elektriciteitsaansluiting in het geval van verblijfsfunctie') en in 2016 was deze teruggave € 310,81. De gedachte hierachter is dat een deel van het energieverbruik wordt gezien als basisbehoefte, waarover geen energiebelasting wordt geheven.

Inzet van vereffening om de in Paragraaf 2.1 benoemde belemmeringen te adresseren zal dus een balans tussen ten minste deze drie principes moeten bieden. Deze belemmeringen worden juist opgeworpen door strikte toepassing van het kostenveroorzakingsprincipe.

⁷ EU Verordening 714/2009, art. 14, lid 1.

4 Vereffeningsopties in de warmtetransitie

In de voorgaande hoofdstukken is een eindbeeld voor de kostenefficiënte invulling van de warmtetransitie gepresenteerd dat met de nodige kostenstijgingen gepaard zal gaan. Deze kostenstijgingen en de kostenverschillen voor de verschillende warmte opties zullen de nodige barrières opwerpen voor de warmtetransitie. Vereffening van kosten kan deze belemmeringen mogelijk beperken, mits het vereffeningsmechanisme gebaseerd wordt op een aantal rechtvaardigheidsbeginselen zoals we die terugzien in de reguleringskaders van het energiesysteem. In dit hoofdstuk zal worden verkend welke vereffeningsmechanismen kansrijk zijn door achtereenvolgens de doelstelling te expliciteren, aangrijpingspunten en prioriteitsstelling voor vereffening te verkennen, vereffeningsopties in beeld te brengen en deze opties verder uit te werken door verkenning van gevolgen van toepassing.

4.1 Doelen voor vereffening

In Paragraaf 2.2 is geconcludeerd dat de onevenredige verdeling van kosten en verschillen in kostenstructuur van de kosten voor klimaatneutrale verwarming belemmerend kunnen werken voor de realisatie van kostenefficiënte oplossingen.

In het huidige bestel wordt in een aantal gevallen vereffening toegepast om dergelijke kostenverschillen te verminderen. Vereffening kan mogelijk ook benoemde kostenbelemmeringen voor de warmtetransitie wegnemen. Dergelijke vereffeningsmechanismen kunnen worden gebaseerd op rechtvaardigheidsprincipes die een belangrijke basis vormen in verdelingsvraagstukken in klimaat- en energie beleid; het kostenveroorzakingsprincipe, het gelijkheidsprincipe en het draagkrachtprincipe.

In dit hoofdstuk worden vereffeningsmogelijkheden die kosten-gedreven weerstanden tegen klimaatneutrale warmtevoorziening op het niveau van de woning kunnen verminderen verder verkend. Daarbij richten we ons op vereffeningsmogelijkheden voor de kosten van warmteopties in het streven naar een klimaatneutrale warmtevoorziening tegen de laagste maatschappelijke kosten. Doel daarbij is transitiebelemmeringen in de kostenstructuur van een kostenefficiënte warmtetransitie weg te nemen of te beperken. Als het gaat om de structurele toename van alle energiekosten zal vereffening geen uitkomst bieden. Die kosten zullen permanent op de een of andere manier door iedereen gedragen moeten worden. Het bijbehorende verdelingsvraagstuk ligt in het domein van inkomensbeleid en zal hier verder niet worden beschouwd.

4.2 Aangrijpingspunten voor vereffening in de warmtetransitie

De aangrijpingspunten voor vereffening in de warmtetransitie zijn in feite de knoppen waar aan gedraaid kan worden. In principe vormen alle hiervoor benoemde kostencomponenten voor verwarming van een woning daarvoor de basis (i.e. productie, distributie, installatie, gebouw, BTW en energiebelasting, zie ook Figuur 2). De mate waarin deze kosten per woning neerslaan bij de woningeigenaar of huurder kan beïnvloed worden met verschillende vereffeningsmechanismen.

Enkele voorbeelden van dergelijke mechanismen zijn al benoemd in Paragraaf 3.1, zoals de energiebelasting en de socialisering van netkosten. Andere voorbeelden van vereffening in energie zijn:

- Investeringssubsidie duurzame energie (ISDE); een tegemoetkoming voor particulieren en zakelijke gebruikers in de aanschaf van zonneboilers, warmtepompen, biomassaketels en pelletkachels met een klein vermogen (welvaartsoverdracht van de belastingbetaler, via algemene middelen, aan de kleine investeerder in duurzame energie).
- Subsidie energiebesparing eigen huis: subsidie stimuleert energiebesparing in bestaande woningen in de particuliere koopsector.
- Energieprestatievergoeding (EPV): de vergoeding biedt woningcorporaties de mogelijkheid een toeslag bij de huurders in rekening te brengen bovenop de huurprijs om de investering mogelijk te

maken die nodig is om de woning tot Nul-op-de-Meter (NoM) te renoveren, los van de huur en de huurtoeslag.

- Stimuleringsregeling energieprestatie huursector (STEP): een stimuleringsregeling voor de gereguleerde huur waarbij wordt gekeken naar de realisatie van een bepaalde Energie-Index ten opzichte van de Energie-index bij de aanvraag.
- Fonds Energiebesparing huursector (FEH): Voor het Fonds energiebesparing huursector kan men tot 2019 een lening met een looptijd van 15 jaar aanvragen voor maximaal 25% van de projectkosten (woningcorporaties met woningen beneden de liberalisatiegrens 0,5%, boven de liberalisatiegrens 1,9% en overige verhuurders 1,9%).
- Het Nationaal Energiebespaarfonds biedt leningen tegen gunstige voorwaarden voor particuliere woningeigenaren en VvE's om energiezuinige maatregelen te treffen.
- De kosten van zowel gas, warmte als elektriciteit worden gesocialiseerd binnen de groep gasaansluitingen cq elektriciteitsaansluitingen, cq warmteaansluitingen, elke gebruiker betaalt evenveel voor een gelijkwaardige aansluiting (capaciteit).

Tot slot kan ook gesteld worden dat er indirecte vereffeningsmechanismen van toepassing zijn op maatregelen in de energiesector. Zo telt de energieprestatie mee in het (huur)puntenaantal van een zelfstandige huurwoning, terwijl deze huurpunten de maximale huurprijs van een woning bepalen. Deze maximale huur bepaalt mede of huurders van sociale huurwoningen recht hebben op de zogenaamde huurtoeslag, een bijdrage in de huurkosten voor huishoudens die in verhouding met hun inkomen veel geld kwijt zijn aan hun huur.

Bestaande vereffeningsmechanismen in de energiesector zijn hoofdzakelijk gericht op investeringskosten zoals socialisering van de netwerkkosten in gas, warmte en elektriciteit (i.e. distributiekosten), tegemoetkomingen in duurzame energie (i.e. installatiekosten) en energiebesparende maatregelen (i.e. gebouwkosten), en tot slot herstel van een gelijk speelveld voor gas en elektriciteit in de recente verschuivingen in energiebelasting (i.e. energiebelastingkosten).

4.3 Prioriteiten voor vereffening

Voor vereffening in investeringen wenden we ons primair tot de onderliggende investeringskosten. In Figuur 3 zijn de investeringskosten per woning voor de kostenefficiënte invulling van de warmtevoorziening in 2025 weergegeven. Voor elke categorie is ook de spreiding in kosten per woning aangegeven. Uit het overzicht kan opgemaakt worden dat de investeringskosten voor warmtelevering, all electric, vaste biomassa met € 25.000 tot € 30.000 van vergelijkbare orde en relatief hoog zijn. De verdeling van deze kosten over distributie, installatie en gebouw verschilt echter sterk. Groengas vergt de laagste investeringskosten. Hieronder houden we daarom de eerstgenoemde drie categorieën tegen het licht.

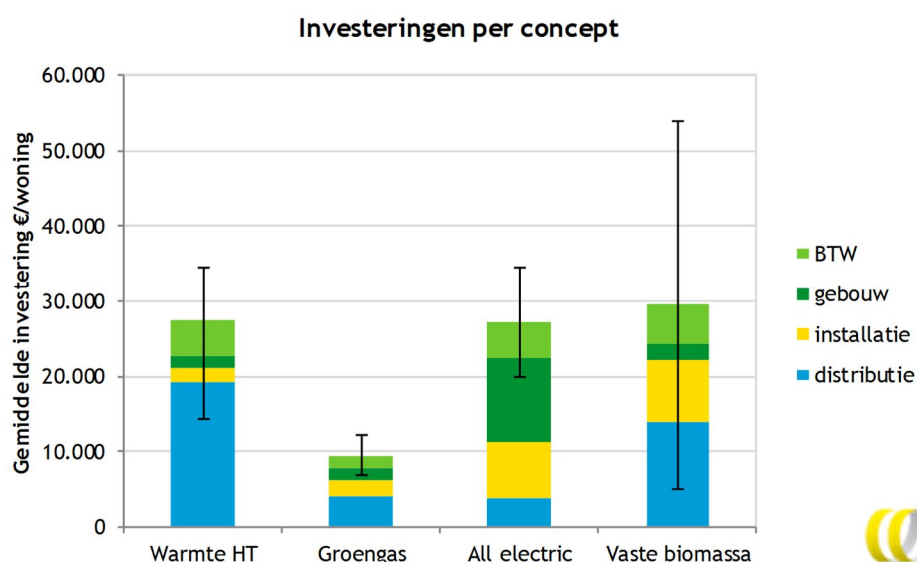
Warmtelevering

In het geval van warmtelevering gaat het vooral om de kosten van het warmtenet. De buurten die in de modelberekeningen uitkomen op warmtelevering hebben een hoge bebouwingsdichtheid, slechtere huidige gemiddelde energielabels, zoals hoogbouw. Het gaat hier bijna de helft van de Nederlandse woningen en is daarmee veruit het grootste segment van de Nederlandse markt. De spreiding in kosten laat een standaard deviatie van ongeveer 30% zien. De verschillen in netwerkkosten per woning zijn dus fors en directe doorberekening kan ertoe leiden dat deelnemers er de voorkeur aan geven om af te zien van aansluiting bij ontwikkeling van warmteprojecten. Warmtelevering brengen hoge vaste lasten met zich mee die verder niet beïnvloedbaar zijn door bijv. gedragsverandering.

Het mag duidelijk zijn dat voor succesvolle inzet op een klimaatneutrale warmtevoorziening deze eerste categorie van groot belang is om op weg te helpen door weerstanden te verminderen. Gegeven het feit dat de hoge vaste kosten een weerstand vormen voor acceptatie, zeker bij de huidige kosten

voor gas, worden de kansen op succesvolle projectontwikkeling beperkt. Bovendien zijn de kansen op een gunstige businesscase beperkt vanwege de aan de lage gaskostenreferentie gekoppelde maximumprijs op basis van NMDA. Hoge vaste lasten doorberekening binnen de perken van deze maximumprijs brengt het risico met zich mee dat de maximumprijs niet langer volstaat bij lage gasprijzen. Samenvattend is warmtelevering een van de belangrijkste kandidaten voor vereffening, zeker als het gaat om de energietransitie (en dus netontwikkeling).

Figuur 3 - Investeringskosten per woning voor klimaatneutraal verwarmen



All electric

In geval van all electric-oplossingen liggen de investeringskosten ook hoog. Modelberekeningen voor gebieden die op de optie all electric uitkomen hebben typisch een lage bebouwingsdichtheid en een beter huidig gemiddeld energielabel, zoals nieuwbouwwijken. Het gaat om ongeveer 25% van de Nederlandse woningen. Vooral investeringen in de installatie en in de woning door toepassing van isolatie drijven de kosten op voor deze categorie. De spreiding ligt ook in dit geval in de orde van 30%, met name gedreven door verschillen in isolatiekosten. De hoge investeringskosten voor installatie en isolatie zullen de nodige weerstand tegen de overstap op all electric oproepen.

Gegeven de schaal verdient ook deze categorie zeker de aandacht als het gaat om het wegnemen van belemmeringen voor de warmtetransitie. Aangezien de beoogde planmatige aanpak voor het transitiepad voor lage temperatuur warmte voorziet in gemeentelijke toewijzing van alternatieve warmtevoorziening op wijkniveau kan hierbij ingezet worden op locatie- en techniek-gebonden instrumenten die aansluiten bij een kosten-optimale klimaatneutrale warmtevoorziening.

Vaste biomassa

Tot slot gaat het voor vaste biomassa om kosten van voor distributie van biomassa en de kosten van de installatie. De buurten die in de modelberekeningen uitkomen op de CV-ketel op vaste biomassa hebben vaak een zeer lage bebouwingsdichtheid en slechtere huidige gemiddelde energielabels. Daarbij moet vooral gedacht worden aan woningen in de buitengebieden.

De kosten laten een relatief hoge spreiding zien. Ook in dit geval kunnen locatie- en techniek-gebonden instrumenten die aansluiten bij een kostenefficiënte klimaatneutrale warmtevoorziening worden ontworpen. Dat geldt overigens niet voor de distributie- en productiekosten voor biomassa; in

dit geval is er geen sprake van investeringskosten. Daarnaast zijn echter ook distributie- en productie-kosten voor biomassa hoog, deze komen tot uiting in hoge variabele kosten per eenheid biomassa.

Op basis van de schaal van kosten optimale toepassing van de verschillende warmteopties, de aard van de belemmeringen in kosten en de onderliggende kostenstructuur, tekent zich daarmee een prioritering af voor verdere verkenning van mogelijke vereffeningsmechanismen die de warmte-transitie kunnen faciliteren. In de eerste plaats lijkt socialisering van netwerkkosten voor warmte HT een belangrijke kandidaat, die de afgelopen tijd opgang heeft gedaan. Zo beveelt het Planbureau voor de Leefomgeving in een recente bijdrage aan om de kosten voor aanleg van warmtenetten niet (alleen) ten laste komen van het warmtebedrijf, maar deze kosten – zoals bij gas- en elektriciteits-netten – om te slaan over alle Nederlandse huishoudens ('het socialiseren van de kosten'). Alternatief zou echter ook gedacht kunnen worden aan vereffening via garantiestelling vanuit het Rijk om zo de financiële risico's van de ontwikkeling van warmtenetten te beperken of bijvoorbeeld investeringssubsidies of subsidies voor de onrendabele top zoals wordt toegepast in het kader van de SDE+. Daarnaast verdient vereffening ten dienste van verdere ontwikkeling van de all electric- en de biomassa-optie aandacht, waarbij de uitdaging zal liggen in gerichte vereffeningsmethoden.

4.4 Verkenning van opties

Tegen de achtergrond van de kostenstructuur van klimaatneutrale verwarmingsconcepten als besproken in de voorgaande paragraaf (Warmtelevering, all electric, biomassa) lijken zich verschillende uitdagingen voor te doen. Mogelijk kan kostenvereffening daarbij uitkomst bieden. In de eerste plaats wordt geconstateerd dat de vaste kosten voor warmte-infrastructuur relatief hoog zijn en een belangrijke belemmering vormen voor de ontwikkeling van warmtenetten. In de tweede plaats wordt geconstateerd dat de investeringskosten die gemoeid zijn met de installatie aanpassingen van de woning door isolatie een belemmering op kunnen gaan werpen voor de all electric en de biomassa verwarmingsconcepten.

Voor de uitwerking van verschillende mogelijkheden voor vereffening is het daarbij van belang onderscheid te maken tussen vereffening in de loop van de warmtetransitie en die het eindbeeld van een klimaatneutrale warmtevoorziening in 2050.

Vereffening in de eindsituatie

In geval van het eindbeeld wordt er in deze notitie vanuit gegaan dat het ongelijke speelveld tussen verwarming op aardgas enerzijds en de klimaatneutrale concepten anderzijds zal worden geadresseerd door bijvoorbeeld een forse heffing op CO₂-emissie en daarmee op aardgas, of regulerende maatregelen. Gebruik van aardgas is dan geen optie meer. In dat geval volgt een beeld waarin voor alle opties de kosten in vergelijkbare mate toenemen met gemiddeld ongeveer € 1.000 op jaarbasis. De kostenopbouw van de klimaatneutrale opties verschilt sterk; in de ene optie gaat het vooral om kosten in de woning (all electric: isolatie, installatie) in de andere optie gaat het vooral om kosten buiten de woning (warmtelevering: infrastructuur). Daarmee komen de investeringen bij verschillende partijen terecht (eigenaren, netbeheerders, bewoners, energieleveranciers). Verder is de spreiding in de kosten erg groot, afhankelijk van type woning en van wijze van bewoning.

De gevolgen van eventuele socialisering van kosten voor warmtenetten in de eindsituatie is verder uitgewerkt in Bijlage B. De uitwerking van socialisering over verschillende energiedragers blijkt tot onevenredig grote herverdeling van kosten voor energie infrastructuur te leiden, en de totale verwarmingskosten per woning in elk van de concepten juist onevenredig verdeeld bij toepassing. Bovendien is toepassing van dit mechanisme onder de huidige Europese reguleringskaders niet toegestaan. Toepassing van socialisering op de kosten voor enkel grootschalige warmte-infrastructuur zoals uitgewerkt voor de eindsituatie is denkbaar, maar lijkt een relatief zwaar middel met beperkte

effecten. Ook in dit geval zal draagvlak voor de methodiek beperkt zijn, aangezien er bijdragen worden gevraagd van huishoudens die geen gebruik maken van de gefinancierde infrastructuur.

Voor het overige kan worden opgemerkt dat vereffening in deze context neer komt op herverdeling van kosten, omdat de totale kosten sowieso gedragen zullen moeten worden door de samenleving als geheel. De toegankelijkheid van een betaalbare warmtevoorziening kan daar zeker aanleiding toe geven, maar ligt dan primair in het domein van inkomenspolitiek.

Vereffening gedurende de energietransitie

De benodigde prikkel om over te stappen van aardgas, bijvoorbeeld in de vorm van een heffing op aardgas of regulerende maatregelen zal naar verwachting geleidelijk kunnen worden ingevoerd, vanwege de kostentoeename voor verwarming die dat met zich mee zal brengen. Daarmee wordt duidelijk dat dit de belangrijkste belemmering zal vormen voor verdere ontwikkeling van klimaatneutrale verwarming in de loop van de warmtetransitie, zeker in de beginfase. Dit kan toepassing van vereffeningmechanismen in de loop van de warmtetransitie rechtvaardigen zodat de warmtetransitie ook daadwerkelijk zijn beslag kan krijgen. Aangezien de verschillende klimaatneutrale warmte-concepten ook verschillende belemmeringen kunnen, worden die hieronder verder apart besproken.

Warmtelevering

In geval van warmtelevering vormen de kosten van infrastructuur de belangrijkste belemmering voor verdere toepassing van dit concept. De bestaande kosten van infrastructuur zijn hoog en de mogelijkheden om deze kosten door te berekenen zijn bij lage gaskosten beperkt vanwege het NMDA-principe. Zolang de kosten voor aardgasgestookte verwarming de klimaatkosten niet reflecteren zal dit principe een belangrijke beperking vormen voor ontwikkeling van warmtenetten. Daarnaast (en mede daardoor) zijn er relatief hoge financiële risico's verbonden aan de ontwikkeling van warmtenetten.

Als oplossingsrichting is socialisering van de warmtenetkosten in verschillende voorstellen en aanbevelingen naar voren gekomen. In geval van vereffening over alle energie-infrastructuur, zal dat echter gepaard gaan met een grote welvaartsoverdracht, zodat draagvlak beperkt zal zijn. Daarnaast zullen de totale kosten juist onevenwichtiger worden verdeeld. Tot slot staat het huidige Europese reguleringskader niet toe dat tarieven voor gas en elektriciteit sterk afwijken van de onderliggende kosten. In het geval van de verschillende scenario's voor vereffening binnen warmtelevering, lijken de effecten juist vrij beperkt. Het mechanisme is daarmee een zwaar instrument voor relatief beperkte impact. (Zie voor verdere uitwerking van socialisering in warmtelevering ook Bijlage B.)

Gegeven het ongunstige perspectief op socialisering van kosten van warmtenetten in de eindsituatie ligt toepassing van deze mechanismen in de energietransitie niet voor de hand. Alternatieven die hier verder zouden kunnen worden overwogen zijn maatregelen om de financieringskosten te beperken, zoals bijvoorbeeld een garantstelling die door de landelijke of lokale overheid wordt afgegeven. Zeker bij een toenemende rol voor de lokale overheden in de regie rond de ontwikkeling van warmtenetten en de warmtetransitie lijkt een dergelijk mechanisme passend. De kosten die dit met zich meebrengt zullen dan moeten worden gefinancierd uit algemene middelen. Alternatief zou kunnen worden ingezet op een subsidiemechanisme, waarbij met name investeringssubsidies een gunstige invloed kunnen hebben. Ook in dit geval gaat het om ondersteuning van de ontwikkeling van warmtenetten uit algemene middelen.

All electric

In geval van het all electric-concept liggen er met name belemmeringen in de hoge investeringskosten voor installatie en woningaanpassingen in de vorm van isolatie. Ook kosten voor infrastructuur, i.e.

netverzwaring zal hierbij een rol gaan spelen. Deze kosten worden in de huidige situatie nog maar ten dele toegerekend aan de woning; zolang de installatie niet leidt tot de noodzaak tot een zwaardere aansluiting, met bijbehorende hogere aansluittarieven wordt eventuele netverzwaring op wijkniveau die het gevolg kan zijn vooralsnog gesocialiseerd in de huidige situatie en toegerekend aan alle netgebruikers. Daarmee zou gesteld kunnen worden dat er hier nog geen sprake is van een gelijk speelveld. Anderzijds is er al de nodige discussie over verdere differentiatie van aansluitwaarden (en tarieven) en eventuele aanpassing van de transporttarieven om zo gelijktijdigheid in netbelasting tegen te gaan en zo de noodzaak tot netverzwaring te beperken.

Voor wat betreft vereffening met betrekking tot installatie en gebouwaanpassingen ligt er hier een uitdaging in het feit dat de vereffeningssystemen veelal generiek van aard zijn. Vereffening zou echter alleen toegepast moeten worden indien de toepassing ook daadwerkelijk strookt met een kostenefficiënte invulling van klimaatneutrale verwarming. In geval van gemeentelijke toewijzing van alternatieve warmtevoorziening op wijkniveau kan hierbij ingezet worden op locatie- en techniek-gebonden instrumenten die aansluiten bij een kostenefficiënte klimaatneutrale warmtevoorziening. Zo kunnen in de transitieperiode klimaatneutrale opties bijvoorbeeld met gerichte subsidie, een exploitatievergoeding of een gebouwgebonden financiering/hypotheek worden ondersteund. Dergelijke instrumenten worden gewoonlijk gefinancierd uit algemene middelen.

Biomassa

In geval van biomassa liggen de zowel de distributiekosten, productiekosten en installatiekosten relatief hoog, en directe toerekening zou een zware belemmering vormen voor toepassing van dit concept. Daarbij moet echter opgemerkt worden dat de hoge distributiekosten al worden gesocialiseerd binnen de kaders van de huidige tariefregulering van elektriciteit. Voor wat betreft de installatiekosten ligt toepassing van vergelijkbare mechanismen van all electric-concepten voor de hand.

Gegeven de ambitieuze agenda voor de warmtetransitie lijken dergelijke maatregelen voor versnelling van de transitie geen overbodigheid. De politieke rechtvaardiging van een dergelijke kader voor vereffening vloeit dan ook voort uit het maatschappelijke belang van klimaatbeleid en de beleidsagenda voor de warmtetransitie. De besproken maatregelen kunnen bijdragen aan stimulering van de ontwikkeling van een klimaatneutrale warmtevoorziening nu de kosten van het de bestaande gasgestookte warmtevoorziening nog relatief laag zijn. Dergelijke instrumenten worden in voorkomende gevallen ook nu al ingezet, zij het op beperkte schaal (zie ook Paragraaf 4.2).

Bovendien sluiten de opties aan bij de balans tussen de drie eerder afgeleide rechtvaardigheidsprincipes; het kostenveroorzakingsprincipe, het draagkrachtsprincipe en het gelijkheidsprincipe. Zo zal de kans op freeriding beperkt zijn als in de financiering van warmte infrastructuur, installatie en gebouwschil worden gekoppeld aan gemeentelijke toewijzing. Kostenefficiënte invulling van een klimaatneutrale warmtevoorziening wordt dan bestendigd door de gemeentelijke evaluatie (aan de hand van een maatschappelijke kosten-batenanalyse). Met andere woorden, de risico's die ontstaan door onvoldoende stringente toepassing van het kostenveroorzakingsprincipe zijn beperkt. De mate waarin het draagkrachtsprincipe wordt toegepast hangt samen met de mate waarin het wordt toegepast in het belastingstelsel, waarbij het gaat om de vraag in welke mate dit een progressief (of degressief) stelsel is. Tot slot zijn de genoemde mechanismen verenigbaar met het gelijkheidsprincipe; in de beginfase zal slechts een beperkt aantal wijken worden aangewezen voor aanpassing van de warmtevoorziening, terwijl dat voor de rest van het land niet het geval is. Zolang de klimaatkosten nog niet in gasgestookte verwarmingskosten worden gereflecteerd, zullen huurders en woningeigenaren in de rest van het land dus tegen nog lage verwarmingskosten kennen, waarmee toegang tot verwarming tegen vergelijkbare kosten dus gecompromitteerd wordt. Bijdragen in de financiering van investeringen in een klimaatneutrale warmtevoorziening dragen zo ook bij aan dit principe.

De genoemde vereffeningsopties zouden kunnen worden ingezet om in de aanloopfase van de warmtetransitie de bestaande financiële belemmeringen weg te nemen. In deze fase zal internalisering van de klimaatkosten voor verwarming op aardgas slechts geleidelijk kunnen worden ingevoerd, zodat aanvullende maatregelen nodig zullen zijn om de warmtetransitie voortvarend in te zetten. In de loopt van de warmtetransitie en verdere internalisering van de klimaatkosten kunnen deze aanvullende maatregelen dan ook worden afgebouwd en uiteindelijk geheel worden afgeschaft. Uitgaande van financiering uit algemene middelen betekent dit echter wel dat de kosten van de warmtetransitie in de beginfase in grotere mate uit algemene middelen zou moeten worden gefinancierd, terwijl dat bij toenemende internalisering van klimaatkosten in de kosten van verwarming op aardgas zal afnemen. De toenemende doorberekening van de klimaatkosten in de warmtevoorziening zal dan wel gaan vragen om aanvullende maatregelen in het domein van inkomensbeleid.

5 Conclusies

De warmtetransitie zal hoge kosten met zich meebrengen. Directe kostendoorberekening van de werkelijke onderliggende systeemkosten van de kostenefficiënte invulling van de klimaatneutrale warmtevoorziening aan de woningeigenaar zal de nodige belemmeringen voor realisatie veroorzaken:

1. De kosten van klimaatneutrale warmtevoorziening liggen voor vrijwel alle woningen significant hoger dan de huidige kosten voor verwarming op aardgas, ordegrrootte € 1000 per woning per jaar op basis van de huidige inzichten in de kosten voor klimaatneutraal verwarmen, en vragen om:
 - sterke ontmoediging van de huidige aardgasinzet;
 - aanvullend inkomensbeleid om koopkrachteffecten te beperken.
2. De hoogte en de aard van de kosten van klimaatneutrale warmtevoorziening zullen onevenredig verdeeld zijn over de verschillende woningen:
 - grote verschillen in totale kosten (spreiding);
 - grote verschillen in kostenopbouw: hoge/lage investeringen in of buiten de woningen
 - hoge/lage variabele kosten.

Vereffening van kosten voor de energiegebruiker biedt mogelijk gelegenheid deze belemmeringen weg te nemen. Er zijn redelijke gronden voor rechtvaardigheidsbeginselen in vereffening op te stellen uit economie, ethiek en politieke filosofie. Met name het kostenveroorzakingsbeginsel, het draagkrachtprincipe en het gelijkheidsprincipe zullen in deze context breed onderschreven worden door belanghebbenden.

Bestaande vereffeningsmechanismen in de energiesector zijn hoofdzakelijk gericht op investeringskosten zoals socialisering van de netwerkkosten in gas en elektriciteit (i.e. distributiekosten), tegemoetkomingen in duurzame energie (i.e. installatiekosten) en energiebesparende maatregelen (i.e. gebouwkosten), en tot slot herstel van een gelijk speelveld voor gas en elektriciteit in de recente verschuivingen in energiebelasting (i.e. energiebelastingkosten).

De vraag is dan of socialiseren van infrastructuurkosten of andere vormen van vereffening deze belemmeringen kan oplossen. We maken daarbij een onderscheid tussen de situatie dat alleen nog klimaatneutrale manieren van verwarmen aan de orde zijn (eindbeeld), en de situatie dat klimaatneutrale opties bestaan naast het verwarmen met aardgas (transitiefase). Verschillende manieren van vereffening zijn geanalyseerd:

- Vereffening van kosten (van grootschalige) infrastructuur over alle / deel energiegebruikers
- Energiebelasting
- Subsidies.

Een optie die de afgelopen jaren verscheidene malen benoemd is als een optie om belemmeringen voor de ontwikkeling van warmtenetten weg te nemen en zo de warmtetransitie te versnellen, is socialisering van netwerkkosten óver verschillende energiedragers (warmte, gas, elektriciteit).

Uitwerking van dat concept voor het eindbeeld laat zien dat deze optie de nodige haken en ogen kent; het leidt tot grote welvaartsoverdrachten, waarvoor draagvlak naar verwachting zal ontbreken.

Vereffening over meerdere energiedragers wordt bovendien niet toegestaan door Europese regelgeving, aangezien reguleringskaders voor gas en elektriciteit vereisen dat de netwerktarieven de onderliggende kosten reflecteren.

Eindbeeld

Uitgaande van de laagste kosten voor klimaatneutraal verwarmen zal in de ene wijk warmtelevering de voorkeur hebben terwijl in andere wijken all electric het goedkoopste is. En in weer andere wijken weer CO₂-vrij gas. Dit wordt sterk bepaald door lokale factoren. De analyse in deze rapportage laat zien dat vereffening in de eindsituatie, als alle woningen klimaatneutraal verwarmd worden, geen bijdrage levert aan het oplossen van belemmeringen. Het creëert vaak nieuwe onrechtvaardigheid.

De belangrijkste belemmering voor de eindsituatie is dat de kosten veel hoger zijn dan verwarmen met aardgas, niet iedereen kan die extra last dragen. Het oplossen van deze belemmering kan dus niet met vereffenen van infrastructuurkosten, maar zal kunnen gebeuren met het gericht ondersteunen van die groepen huishoudens die het niet kunnen betalen, of kunnen financieren.

Transitiefase

Gedurende de transitie zullen zich situaties voordoen waarbij in de ene wijk nog met aardgas wordt verwarmd, terwijl in de wijk ernaast een klimaatneutrale optie wordt aangelegd. Zolang bewoners de klimaatneutrale optie kunnen vergelijken met aardgas (dat veel goedkoper is) zal er weerstand bestaan tegen die klimaatneutrale opties, of het nu warmtelevering, CO₂-vrij gas of all electric is. Met name de ontwikkeling van warmtenetten zal dan niet van de grond komen zolang het ongelijke speelveld van de klimaatneutrale opties ten opzichte van aardgas nog niet is opgelost. De belemmeringen die dit oplevert zijn met (tijdelijke) subsidies op te lossen. Tijdens de transitieperiode kan vereffening tussen huishoudens met een (dure) klimaatneutrale vorm van verwarmen en (goedkopere) aardgasverwarming rechtvaardig zijn. Dit zou dan een vereffening tussen de gebruikers van aardgas en alle andere klimaatneutrale opties betekenen en niet een vereffening tussen huishoudens die zijn aangesloten op gas enerzijds en warmtelevering/all electric anderzijds omdat ook gas gaandeweg vervangen wordt door duurder CO₂-vrij gas.

Alternatieven zoals garantstellingen vanuit de overheid of bijvoorbeeld investeringssubsidies of subsidies voor de onrendabele top (zoals in de SDE+) bieden flexibele mogelijkheden, die bovendien goed kunnen worden afgestemd op de noodzaak (bij een geleidelijke invoering van CO₂-kosten voor gebruik van aardgas).

Het is goed denkbaar dat in de transitieperiode CO₂-vrije of CO₂-arme opties een exploitatie-vergoeding krijgen die afneemt in de tijd, terwijl aardgas extra belast wordt. Het mes snijdt hierbij aan twee kanten: het kostenverschil tussen aardgas en CO₂-vrije opties neemt af en er is dekking voor de kosten van subsidiering van de CO₂-vrije/arme opties.

6 Bibliografie

- CE Delft, 2015. *Denktank Energiemarkt: Lage temperatuur Warmtemarkt*, Delft: CE Delft.
- CE Delft, 2015. *Op weg naar een klimaatneutrale gebouwde omgeving*, Delft: CE Delft.
- CE Delft, 2017. *Kostenanalyse warmtetransitie*, Delft: CE Delft.
- CE Delft, 2017. *Rechtvaardigheid en inkomenseffecten van het klimaatbeleid*, Delft: CE Delft.
- Ecorys, 2016. *Evaluatie Warmtewet en toekomstig marktontwerp warmte*, Rotterdam: Ecorys.
- Ministerie van Economische Zaken, 2016. *Energieagenda*, Den Haag: Ministerie van Economische Zaken.
- PBL, 2017. *Het handelingsperspectief van gemeenten in de energietransitie naar een duurzame warmte- en elektriciteitsvoorziening*, Den Haag: PBL.
- PBL, 2017. *Toekomstbeeld klimaatneutrale warmtenetten in Nederland*, Den Haag: PBL.
- Stern, 2007. *Stern Review on the Economics of Climate Change*, Cambridge : Cambridge University Press .

A Knelpunten warmtelevering Nederland

Er zijn meerdere knelpunten identificeerbaar voor warmtelevering in Nederland. Hieronder zijn in hoofdlijnen de belangrijkste knelpunten bij productie, transport, distributie en vraag weergegeven.

Drijfveren bij de industrie voor nuttig gebruik van restwarmte ontbreken momenteel grotendeels (geen kernactiviteit van de industrie). Ook voor aanleg van de transportinfrastructuur ontbreken grotendeels de prikkels, terwijl de risico's aanzienlijk zijn. Private investeerders zijn alleen bereid om te investeren in niet-kernactiviteiten zoals restwarmtebenutting als daarmee de winsten hoger liggen en de terugverdientijden korter zijn dan 'normaal'. Lagere maar stabiele winsten worden overigens wel gewaardeerd door private investeerders als het tot de kernactiviteit behoort. Aan de andere kant is duidelijk dat er in energie-intensieve regio's zowel een groot potentieel aan restwarmte is als een vraag naar warmte.

Knelpunten voor realisatie van warmteopties liggen daarmee vooral op het economische vlak. De initiële investering voor warmteprojecten is zeer hoog en de verwachte rendementen zijn laag. Bovendien kleven er gezien de lange realisatie- en terugverdientijd grote risico's aan projecten voor benutting van warmte. Daarbij speelt ook het zogenaamde volloopriscio, het risico dat de warmtevraag achter blijft bij de prognoses en rol. Hierdoor zal de private sector niet investeren in warmteprojecten tenzij dit risico gemitigeerd kan worden.

In landen waar stadsverwarming succesvol is, is dit risico verkleind door ontwikkelaars een monopolypositie te geven op de warmtemarkt. Bijkomend voordeel is dat ze ook kapitaal kunnen lenen tegen zeer lage rentetarieven, omdat zij garanties hebben gekregen van de overheid voor een volledig afzetmarkt. In Denemarken bijvoorbeeld is er een aansluitplicht op stadsverwarming (indien mogelijk), waarmee de afzetmarkt aanzienlijker wordt.

Tabel 2 - Belangrijkste knelpunten voor warmtelevering

Knelpunten warmtelevering	
Productie	
–	Hoge investeringen en risico's voor geothermie.
–	Geen drijfveer bij industrie om restwarmte te benutten.
–	Hoge initiële investering.
–	Lange terugverdientijden.
–	Benutting restwarmte is geen kernactiviteit van industrie.
–	Maakt industrie afhankelijk van veel andere partijen.
–	Restwarmtelevering is lang niet altijd rendabel.
–	Geen infrastructuur voor restwarmtebenutting.
–	Rendementseisen industrie maken langetermijninvesteringen moeilijk.
Transport	
–	Er zijn geen primair belanghebbenden bij aanleg transportinfrastructuur.
–	Hoge investeringskosten en laag rendement.
–	Onzekerheid over terugverdienen op lange termijn.
–	Energiebedrijven zijn potentiële investeerders, maar zien elders betere investeringsmogelijkheden.
–	Overheid niet/beperkt bereid om risicodragers/financier te zijn.
Distributie	
–	Aanleg wijd vertakte distributie-infrastructuur nodig bij veel verschillende vragers.
–	Hoge investeringskosten en laag rendement.
–	Afstemmen vraag en aanbod op elkaar nodig (dag/seizoen/kwaliteit).
–	Beperkte ruimte (fysiek) voor nieuwe warmte-infrastructuur.
Vraag	
–	Onzekerheid over ontwikkeling warmtevraag.

Bron: CE Delft, 2002.

Vollooprisico's kunnen echter ook voor een groot deel ondervangen worden door afspraken met grote projectbeheerders over aansluitingen van huurwoningen, waarbij een monopolie t.a.v. de particuliere woningen niet noodzakelijk hoeft te zijn. Het zijn tenslotte de eigenaren (en niet de huurders) die besluiten over aansluitingen en deze ook betalen.

Andere knelpunten voor realisatie van warmteopties zijn met name organisatorisch van aard. Deze liggen onder meer bij de organisatie van de langetermijnprocessen en het bijeenbrengen van de vele partijen rondom aanbod, vraag, transport en distributie bij grootschalige warmteprojecten, evenals bij het in de tijd afstemmen van verschillende ruimtelijke ordenings- en planningsprocessen (bouwvergunningen, openbreken van wegen, etc.).

Technisch zijn veel oplossingen daarentegen nu realiseerbaar. Warmtebuffers, warmtepompen, nieuwe opslagmogelijkheden en ontkoppeling van warmtelevering en elektriciteitsproductie zijn voorbeelden technische ontwikkelingen die bijdragen tot vergroting van het aantal beschikbare opties.

B Kostenanalyse warmtetransitie per woning

B.1 Samenvatting

In deze bijlage wordt inzicht gegeven in de kosten per buurt om specifieke buurten in Nederland klimaatneutraal te gaan verwarmen. De buurten worden onderscheiden door de lokale omstandigheden, woningtypen, etc. die bepalend zijn voor de technische oplossing die tegen de laagste kosten gerealiseerd kan worden.

Er zijn diverse kosten in de keten van warmtevoorziening:

- gebouwkosten (isolatie en installatie);
- netkosten;
- kosten energiedragers;
- energiebelasting.

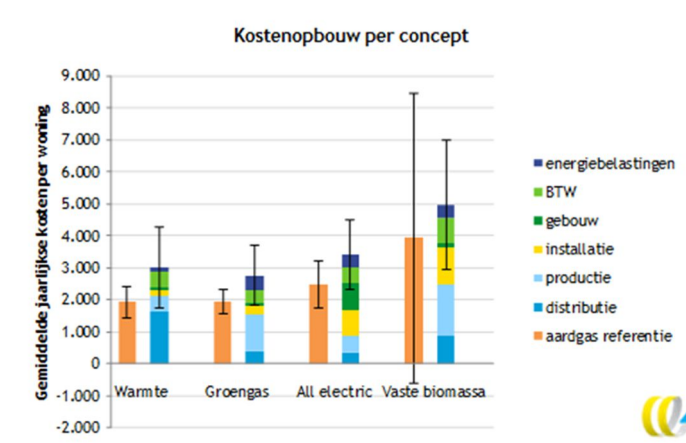
Afhankelijk van de wijze van verwarmen verschillen deze sterk. Ook hangen de kosten per route af van lokale omstandigheden. Als basis voor een nadere analyse van effecten van deze kosten op de businesscase voor innovaties en bewonerskosten, en eventuele verevening van die kosten, is helder inzicht en overzicht nodig van deze kosten en de spreiding daarin.

De kosten voor klimaatneutraal verwarmen zijn gemiddeld gewogen € 1.000 hoger per jaar dan de huidige manier van verwarmen met aardgas. In (huidige) kosten zijn niet alleen de energie en netkosten voor verwarmen opgenomen, maar ook de kosten voor de elektriciteitsvraag van de woningen en de jaarlijkse kosten voor de installatie en gebouwmaatregelen. Hierdoor zijn de kosten hoger dan de huidige gemiddelde energierekening. De gemiddelde kosten per warmteconcept lopen uiteen, zoals aangegeven in onderstaande tabel. Voor alle concepten geldt echter dat de meerkosten voor klimaatneutraal verwarmen ongeveer € 1.000 euro bedragen. Deze kosten komen op verschillende manieren, afhankelijk van het concept, als investering (isolatie, huisinstallatie), jaarlijkse vaste kosten (netkosten) en/of variabele energieprijzen bij de consument.

Tabel 3 - Gemiddelde jaarlijkse kosten per warmteconcept in €/jaar

Concept	Huidige kosten (aardgas)	Kosten in 2025	Vershil
All electric	2.500	3.400	+900
Groengas	1.900	2.800	+900
Warmtelevering	1.900	3.000	+1.100
Vaste biomassa	3.900	5.000	+1.000

Figuur 4 - Jaarlijkse kosten per woning voor ieder warmteconcept (ten opzichte van huidige kosten in die buurt)



B.2 Inleiding

Er is veel perspectief voor lokale productie van zowel warmte als elektriciteit. Deze decentrale energieopwekking moet worden geïntegreerd in het energiesysteem. Onder het topsectorenbeleid hebben (vertegenwoordigers van) private en publieke partijen TKI Urban Energy opgericht om (een deel van) de noodzakelijke activiteiten uit te (laten) voeren en advies te geven over R&D, innovatie-activiteiten en implementatie van nieuwe technologie door (MKB-)bedrijven. Daarnaast zet TKI Urban Energy zich in voor snelle verspreiding en inzet van ontwikkelde kennis, technieken, sociale en institutionele inzichten en implementaties. RVO.nl ondersteunt de TKI en heeft CE Delft gevraagd voor kennisverdieping van de kosten van het klimaatneutraal verwarmen van de gebouwde omgeving.

De Nederlandse overheid streeft in internationaal verband naar een CO₂-arme energievoorziening die veilig, betrouwbaar en betaalbaar is en wil naar een klimaatneutrale energievoorziening, zeker in de gebouwde omgeving. In 2050 moet de gebouwde omgeving klimaatneutraal zijn. Bij het uitvoeren van dit huidige beleid en het ontwikkelen van nieuw beleid wordt tegen het volgende probleem aangelopen: Innovatie voor en realisatie van klimaatneutrale warmtevoorziening worden belemmerd door onzekerheid. Innovatieve marktpartijen hebben baat bij helderheid over de toekomstige markt en financiële randvoorwaarden.

De energietransitie is een ingrijpende gebeurtenis die zeker niet alleen een technische ombouw van de energievoorziening is. De energietransitie zal leiden tot hogere kosten voor het verwarmen van woningen en gebouwen. Om de financiële effecten te beperken is het nodig om een klimaatneutrale warmtevoorziening tegen de laagst mogelijke kosten te realiseren, voor alle Nederlanders. Hierbij doet zich de vraag voor of er noodzaak is om die kosten te verevenen en welke mogelijkheden er dan zouden zijn. Om dit goed te doen is er als eerste inzicht nodig in de opbouw van kosten van alle opties om woningen klimaatneutraal te verwarmen. Dat betekent een mix van verschillende technieken in verschillende situaties. In stedelijk gebied vlakbij een industrie met veel restwarmte zijn er andere mogelijkheden dan voor een dorp in de groene ruimte.

Er zijn diverse kosten in de keten van warmtevoorziening:

- gebouwkosten (isolatie en installatie);
- netkosten;
- kosten energiedragers;
- energiebelasting.

Afhankelijk van de wijze van verwarmen verschillen deze sterk. Ook hangen de kosten per route af van lokale omstandigheden. Als basis voor een nadere analyse van effecten van deze kosten op de businesscase voor innovaties en bewonerskosten, en eventuele verevening van die kosten, is helder inzicht en overzicht nodig van deze kosten en de spreiding daarin.

In deze rapportage lichten we eerst de methodiek van categorisering van buurten toe. De buurten worden onderscheiden door de lokale omstandigheden, woningtypen, etc. die bepalend zijn voor de technische oplossing die tegen de laagste kosten gerealiseerd kan worden. Dit wordt inzichtelijk gemaakt in Paragraaf B.3 aan de hand van een korte omschrijving van de verschillende concepten. In Paragraaf B.4 wordt voor elk van de concepten de kostenontwikkeling in de transitie naar een klimaatneutrale warmtevoorziening gepresenteerd.

Dit project levert een basisdocument op met een overzicht van kosten voor verschillende woningen, verschillende klimaatneutrale verwarmingsopties en ontwikkeling van die kosten in de tijd.

B.3 Beschrijving van de concepten

Met het CEGOIA-model (CE Delft, 2017) zijn de jaarlijkse ketenkosten van verschillende klimaat-neutrale warmtetechnieken berekend op buurtniveau (voor woningen en utiliteit). Deze jaarkosten omvatten zowel verdisconteerde (her)investeringen als jaarlijkse onderhouds- en energiekosten. Het gaat hier dus om de jaarlijkse systeemkosten en niet om prijzen of tarieven. Tarieven hebben betrekking op de wijze waarop onderliggende kosten van onderdelen van de keten in rekening worden gebracht en kunnen dan ook afwijken van de ketenkosten per woning of utiliteit.

De doorgerekende technieken zijn te verdelen in vier verschillende concepten:

1. groengas;
2. all electric;
3. warmtelevering;
4. bio-pelletketel.

De kostenopbouw van de concepten verschilt sterk. Bij warmtelevering is een grote investering nodig in de energie-infrastructuur, groengasopties hebben hoge energiekosten en all electric-woningen behoeven een dure installatie en een goed isolatieniveau. Daarbij zijn er 12.000 verschillende buurten in Nederland, ieder met een eigen karakteristiek zoals bebouwingsdichtheid, warmtevraag, bouwjaar en isolatieniveau. Dit maakt dat klimaatneutraal verwarmen verschilt in kosten per techniek én per buurt. Dit wordt geïllustreerd in de volgende paragrafen. Voor ieder concept is een willekeurige buurt geselecteerd waarin het betreffende concept de laagste jaarlijkse kosten per woning heeft. In de praktijk kunnen er andere overwegingen zijn om toch te kiezen voor een ander concept, maar dat leidt dan tot hogere kosten. De kosten zijn onderverdeeld in de volgende onderdelen: distributie, productie, installatie, gebouw, BTW en energiebelastingen, zie ook Tabel 4.

Tabel 4 – Toelichting kostenonderdelen

Kostenonderdeel	Toelichting
Distributie	Verdisconteerde (her)investeringen en onderhoudskosten van het regionale elektriciteitsnet al dan niet in combinatie met een regionaal gas- of warmtenet of netverzwaring. Daar waar geen gasnet meer wordt gebruikt zijn ook amoveringskosten voor het gasnet en de gas-aansluiting gerekend. Er is geen rekening gehouden met vervroegd afschrijven en een grotere overhead voor netbeheerders bij het afnemen van het aantal (gas)aansluitingen. Er wordt voor de kostenschatting nog een aanvullende correctiefactor van maximaal 2 toegepast met de bebouwingsdichtheid en de ouderdom van de bebouwing.
Productie	Jaarlijkse energiekosten voor zowel de warmtevraag als elektriciteitsverbruik voor apparaten en verlichting. Hierbij wordt uitgegaan van een integrale groengas (0,75 €/m ³) en elektriciteitsprijs (0,10 €/kWh), inclusief de kosten voor klimaatneutrale opwek.
Installatie	Verdisconteerde (her)investeringen in de verwarmingsinstallatie en eventueel warm tapwaterinstallatie, ventilatiesysteem en koelinstallatie, plus de jaarlijkse onderhoudskosten voor deze installaties.
Gebouw	Verdisconteerde investeringen in isolatiemaatregelen per labelstap en (her)investeringen in afgiftesysteem. Hierbij wordt rekening gehouden met het huidige isolatieniveau van de woningen, het bouwjaar van de woningen en praktijk-besparingspercentages.
BTW	21% op alle voorgaande onderdelen.
Energiebelasting	Energiebelasting en ODE op gas en elektriciteit en vermindering energiebelasting per elektriciteitsaansluiting.
Totale jaarlijkse kosten	Totaal van alle verdisconteerde investeringen (CAPEX) en jaarlijkse onderhouds- en energiekosten (OPEX).

De investeringsparameters in het model zijn voorzien van een leercurve die aangeeft hoe de kosten zich in de loop van de tijd ontwikkelen. Er zijn twee verschillende leercurves gehanteerd: een langzame curve voor technieken die al verder doorontwikkeld zijn en een snelle curve voor nieuwe technieken waarbij wordt verwacht dat er nog veel kostendaling zal optreden. De gebruikte leercurves, modelparameters en aannamen zijn opgenomen in Bijlage C.

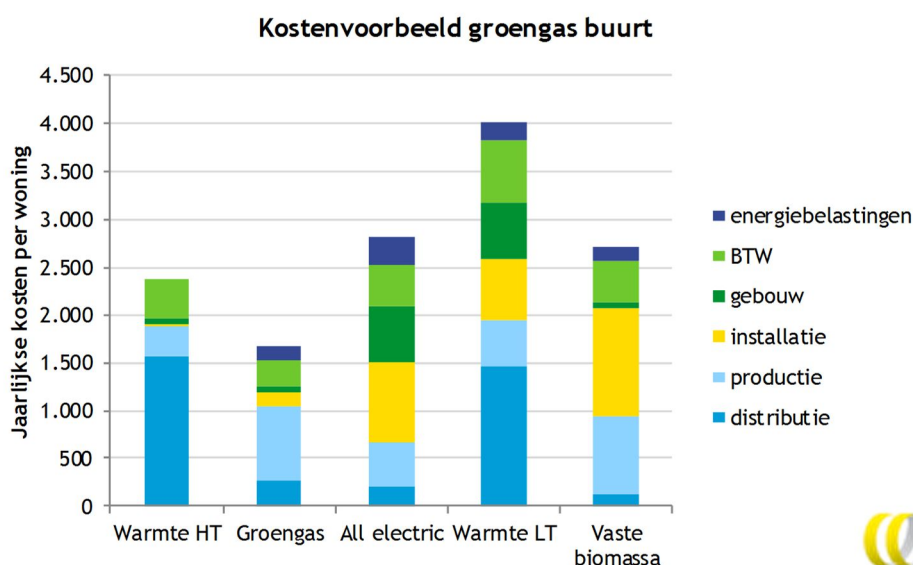
Woningen op groengas

In de buurten met woningen op groengas (waar volgens CEGOIA groengas tot de laagste overall kosten leidt) is naast het elektriciteitsnet een (groen)gasnet aanwezig. De woningen hebben centrale verwarming die bestaat uit HT-radiatoren in combinatie met een HR-ketel of hybride warmtepomp. De hybride warmtepomp is een combinatie van een elektrische warmtepomp (voor de basislast) en een HR-ketel op gas (voor de piekbelastingen). Door het gebruik van de warmtepomp wordt er bespaard op gas. Omdat de woningen met hoge temperatuur (~80°C) kunnen worden verwarmd is het technisch niet noodzakelijk om de woningen zwaar te isoleren. Groengas is echter wel meer dan twee keer duurder dan het huidige aardgas en bovendien in beperkte mate beschikbaar (nationaal potentieel 1,5 miljard m³ voor de woningen). De buurten met groengas als goedkoopste concept hebben typisch een gemiddelde bebouwingsdichtheid en gemiddeld slechtere huidige energielabels, bijvoorbeeld oude binnensteden. In Figuur 5 is zijn de kosten per concept weergegeven voor een buurt met groengas als optie met de laagste kosten.

De distributiekosten zijn berekend met een vast bedrag per aansluiting en een bedrag per meter leiding op wijkniveau. Deze kosten representeren zowel de investeringskosten als de instandhoudingskosten (organisatie van de netbeheerder, metering, etc.). De gemiddelde leidinglengte per woning varieert per buurt en hierdoor verschillen de distributiekosten ook sterk van buurt tot buurt.

De systeemgrens voor de berekeningen zijn de regionale netten, waardoor de hogedruk-leidingen buiten de scope vallen. Er is geen rekening gehouden met een toename in kosten voor het gasnet door een forse afname van het aantal gebruikers. In productiekosten zijn de kosten voor de energiedragers opgenomen. Naast de energiedrager voor de warmtevoorziening is ook het elektriciteitsverbruik van de woningen hierin meegenomen. De installatiekosten betreffen de kosten voor de verwarmingsinstallatie, en waar van toepassing voor het ventilatiesysteem en de koelinstallatie. De gebouwkosten bestaan uit isolatiemaatregelen en kosten voor het afgiftesysteem.

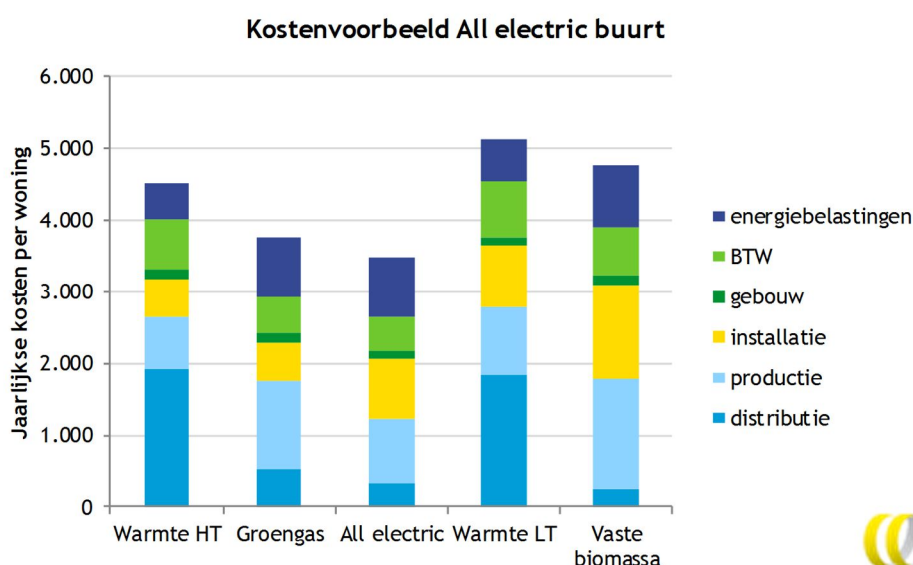
Figuur 5 - Kostenopbouw per concept in een willekeurige buurt op groengas



All electric-woningen

All electric-woningen hebben enkel nog een elektriciteitsaansluiting, die wel verzwaard is. De woningen worden verwarmd door middel van een elektrische warmtepomp en een LT-afgifte-systeem (bijvoorbeeld vloerverwarming). Om woningen met LT-afgifte ($\sim 30^{\circ}\text{C}$) comfortabel warm te houden is een goed isolatieniveau vereist (minimaal schillabel B). Naast label A en B is ook een Nul-op-de-Meter-concept doorgerekend op basis van schillabel A+ in combinatie met zonnepanelen, een zonneboiler en WTW. De buurten die in de modelberekeningen uitkomen op all electric hebben typisch een lage bebouwingsdichtheid en een beter huidig gemiddeld energielabel, zoals nieuwbouwwijken. In Figuur 6 is de kostenopbouw per concept weergegeven voor een buurt met all electric als optie met de laagste kosten.

Figuur 6 - Kostenopbouw per concept in een willekeurige all electric buurt

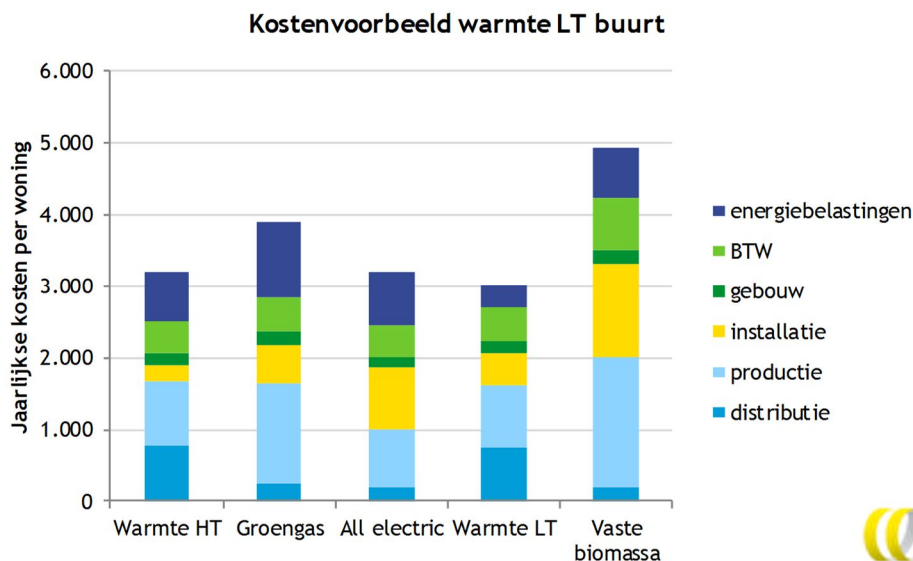


Bij de distributiekosten voor all electric-woningen zijn kosten voor verzwaring van het elektriciteitsnet inbegrepen. Door de systeemgrens van regionale netten, vallen de hoogspanningskabels buiten de scope van de berekeningen. Er is uitgegaan van een verhoogde elektriciteitsprijs, in verband met verduurzaming van de elektriciteitsopwekking.

Woningen op een LT-warmtenet ($\sim 30^{\circ}\text{C}$)

Woningen op een LT-warmtenet maken net als all electric woningen gebruik van een LT-afgifte-systeem. Daarom moeten ook deze woningen voldoende zwaar worden geïsoleerd om het comfort-niveau van de woningen te behouden. De lagetemperatuur-warmte wordt met behulp van een warmtewisselaar vanuit een warmtenet naar de woning overgebracht. Naast het LT-warmtenet is er in de buurt ook een elektriciteitsnet aanwezig, maar deze hoeft niet te worden verzwaard. In kostenberekeningen is uitgegaan van een centrale WKO als bron voor het LT-net. De buurten die in de modelberekeningen uitkomen op LT-warmtelevering hebben een gemiddeld tot hoge bebouwingsdichtheid en gemiddeld betere huidige energielabels, zoals recente bebouwing met utiliteit. Daarnaast hebben deze buurten vaak ook een koudevraag (door bijvoorbeeld aanwezige utiliteit). In Figuur 7 is de kostenopbouw per concept weergegeven voor een buurt met LT-warmtelevering als optie met de laagste kosten.

Figuur 7 - Kostenopbouw per concept in een willekeurige buurt met LT-warmtelevering

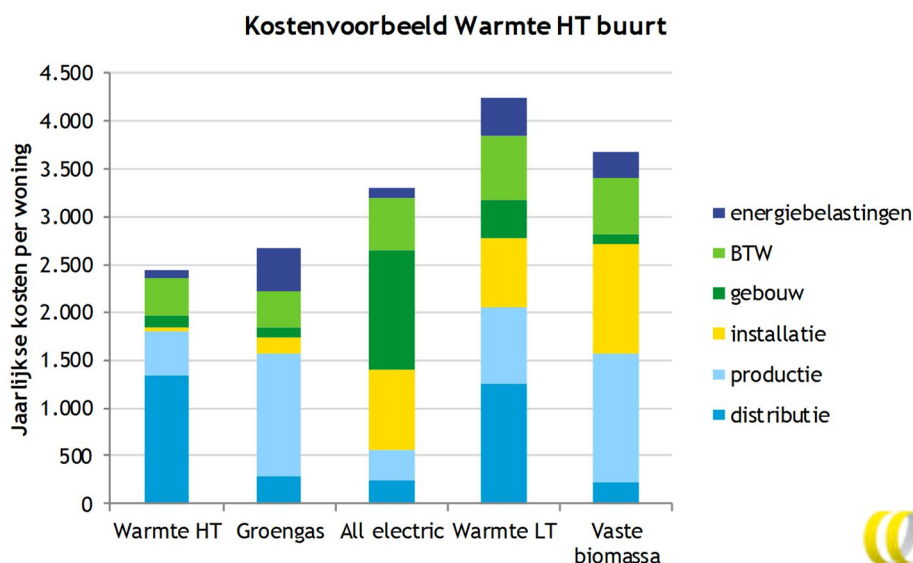


Bij de lagetemperatuur-warmtelevering is uitgegaan van minimaal schillabel B voor de woningen. De kosten voor de centrale WKO bron zijn ook meegerekend.

Woningen op een HT-warmtenet (~80°C)

In buurten HT-warmtelevering is er naast het elektriciteitsnet een HT-warmtenet aanwezig. De woningen zijn voorzien van een warmtewisselaar waarmee de warmte vanuit het net wordt overgebracht naar de woning. De woningen zijn voorzien van HT-radiatoren en het is technisch niet vereist de woningen zwaar te isoleren. In de kostenberekeningen is uitgegaan van lokale restwarmtebronnen en geothermie als bron voor het HT-net. De buurten die in de modelberekeningen uitkomen op HT-warmtelevering hebben een hoge bebouwingsdichtheid en slechtere huidige gemiddelde energielabels, zoals hoogbouw. In Figuur 8 is de kostenopbouw per concept weergegeven voor een buurt met HT-warmtelevering als optie met de laagste kosten.

Figuur 8 - Kostenopbouw per concept in een willekeurige buurt met HT-warmtelevering

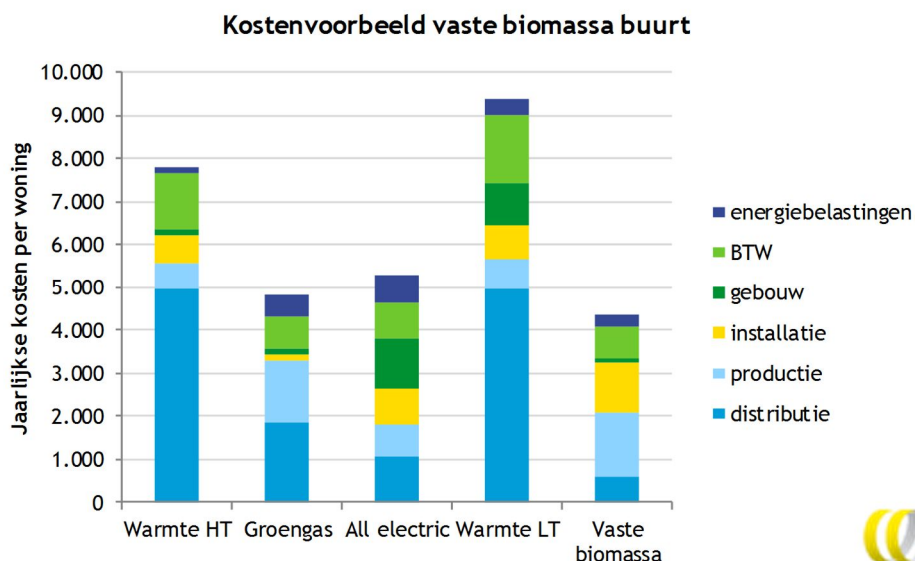


In de hogetemperatuur-warmtenetten is uitgegaan van centrale gasgestookte ketels voor de piekvoorziening. Er is aangenomen dat deze ketel gestookt worden met hernieuwbaar gas, zoals bijvoorbeeld waterstofgas dat is geproduceerd uit overschotten van wind en zon. Dit is niet hetzelfde als groengas. Groengas is opgewerkt biogas dat dezelfde kwaliteit heeft als aardgas en daardoor direct op het fijnmazige gasnet ingevoerd kan worden en gebruikt kan worden in de huidige HR-ketels.

Woningen met een bio-pelletketel

In buurten met woningen met een bio-pelletketel is er enkel nog een elektriciteitsnet aanwezig. Dit elektriciteitsnet hoeft niet te worden verzwaaard. De woningen hebben een individuele ketel en een HT-afgiftesysteem (radiatoren). Door de HT-afgifte is zware isolatie technisch geen vereiste. De ketel maakt gebruik van vaste biomassa als warmtebron. Hoewel bij een moderne installatie filters zijn geïntegreerd in de ketel, blijft er wel een beperkte uitstoot van schadelijke stoffen, zoals fijnstof. De buurten die in de modelberekeningen uitkomen op de CV-ketel op vaste biomassa hebben vaak een zeer lage bebouwingsdichtheid en slechtere huidige gemiddelde energielabels, zoals buiten-gebieden. Voor woningen die nu al niet aangesloten zijn op het aardgasnetwerk en gebruik maken van een gastank is dit ook vaak de goedkoopste oplossing. Hierbij valt dan ook te denken aan een tank op bio-LPG in plaats van een pelletketel. In Figuur 9 is de kostenopbouw per concept weergegeven voor een buurt met vaste biomassa als optie met de laagste kosten.

Figuur 9 - Kostenopbouw per concept in een willekeurige buurt op vaste biomassa



Extra vervoersbewegingen die het gebruik van vaste biomassa met zich mee kan brengen zijn niet meegenomen in de modelberekeningen.

Verdeling van de concepten

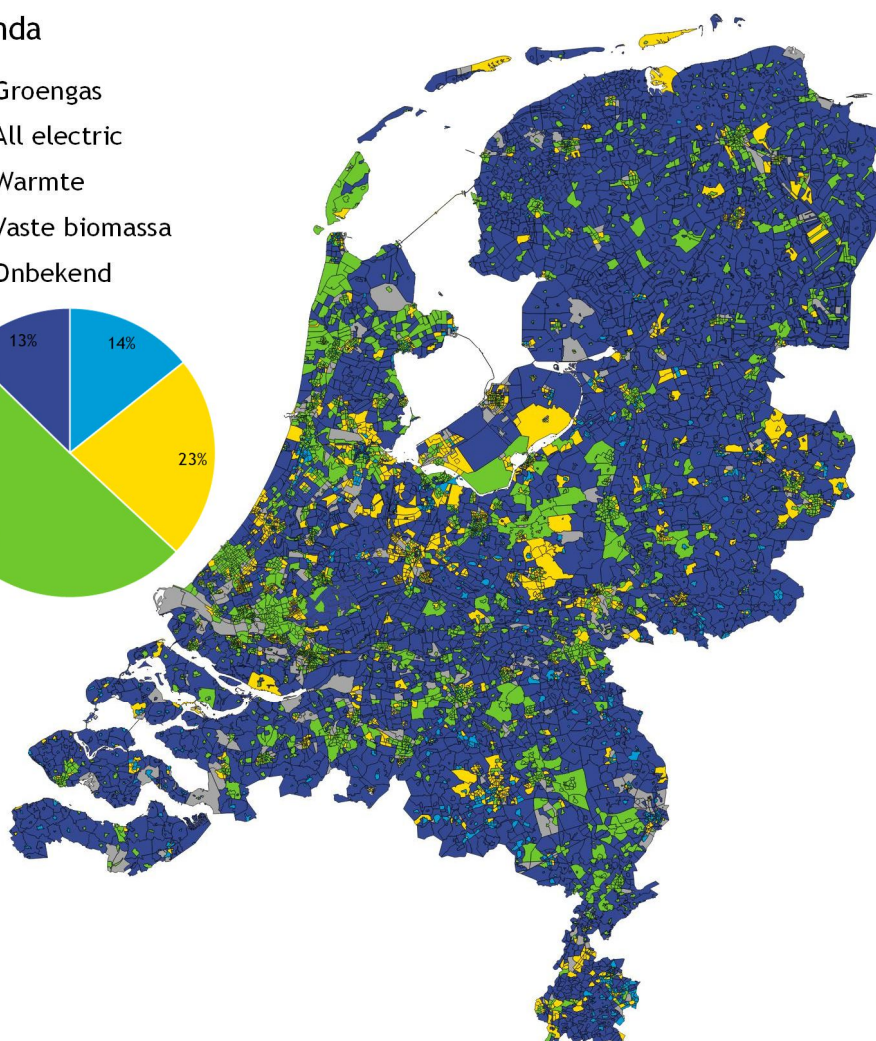
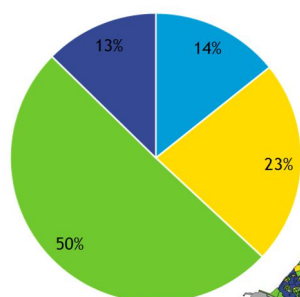
Op basis van de modeluitkomsten is vervolgens voor iedere buurt het klimaatneutrale concept met de laagste kosten geselecteerd. Hierbij zijn lokale randvoorwaarden gehanteerd, zoals de beschikbaarheid van groengas, van geothermie en van restwarmte. Immers zijn deze opties niet voor heel Nederland beschikbaar. Als de laagste ketenkosten bepalend zijn voor de keuze voor een manier van

klimaatneutraal verwarmen in een buurt, dan zal ongeveer de helft van de woningen een warmte aansluiting hebben, een vierde all electric, een 15% groengas verwarming en 15% verwarming met vaste biomassa (bio-pelletkachel). Deze buurten worden gekenmerkt door lage bebouwingsdichtheid voor all electric (betere huidige energielabels) en vaste biomassa (slechtere huidige energielabels), gemiddelde dichtheid met op dit moment slechtere energielabels voor groengas en hoge bebouwingsdichtheid voor buurten waar warmtelevering de goedkoopste is. In Figuur 10 is een beeld gegeven van de buurten waar de vier warmtedragers het goedkoopst zijn. Doordat de gebieden niet dezelfde dichtheid hebben lijkt het alsof vaste biomassa dominant is, maar dat zijn gebieden met relatief weinig woningen. Daarom is het taartdiagram toegevoegd met een verdeling van het aantal woningen over de vier verschillende energiedragers.

Figuur 10 - Warmtedrager met de laagste ketenkosten per buurt

Legenda

- Groengas
- All electric
- Warmte
- Vaste biomassa
- Onbekend



Bovenstaande resultaten zijn de uitkomsten van een technisch-economische analyse. Vanzelfsprekend zijn in de praktijk niet alleen kosten bepalend voor een keuze, maar ook andere factoren zoals acceptatie bij bewoners, specifieke lokale omstandigheden, kostenverdeling tussen eigenaar en bewoner, subsidies, gevoelsmatige voorkeuren, etc. Deze factoren, samen met de onzekerheden in het model, kunnen er toe leiden dat er in de praktijk voor een andere oplossing gekozen wordt.

B.4 Kostenontwikkeling warmtetransitie

In de voorgaande paragraaf zijn de concepten beschreven aan de hand van illustratie van kosten voor specifieke voorbeeldwijken om kostenverschillen voor toepassing van verschillende concepten vergelijkbaar te houden. Het LT-warmtesysteem heeft echter de laagste kosten voor een zeer beperkt aantal buurten, waardoor er geen representatief gemiddelde jaarkosten te bepalen is. In deze paragraaf worden de gemiddelde kosten daarom voor de vier resterende warmteconcepten verder uitgewerkt.

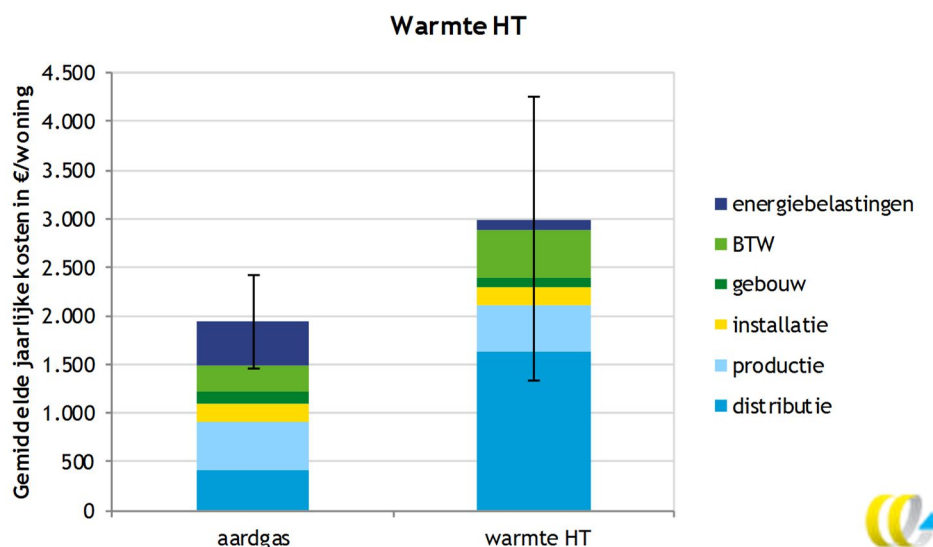
Deze kosten zijn bepaald als gemiddelde van de woningen in buurten waar het betreffende concept als goedkoopste uit de berekeningen komt, onder de randvoorwaarde van groengas en restwarmte beschikbaarheid. Deze randvoorwaarde en de gebruikte parameters zijn opgenomen in Bijlage C.6. In de figuren is steeds aangegeven wat de huidige kosten voor deze verzameling aan bestaande woningen zijn, op basis van een CV-ketel op aardgas, en wat de toekomstige kosten zijn van het klimaatneutrale concept in 2025. De kosten zijn onderverdeeld in distributie (energie-infrastructuur), productie (kosten voor de energiedrager), installatie, gebouw (isolatiemaatregelen en afgiftesysteem), BTW en energiebelastingen. De systeemgrens voor de kostenberekeningen zijn de regionale netten. Hoogspanningsnetten en hogedrukleidingen vallen buiten de scope. Ook de toename in kosten voor het gasnet als het aantal gebruikers hiervan fors terugloopt is niet meegenomen. Investerings in verduurzaming van de elektriciteitsproductie en investeringen voor de productie van groengas zijn indirect meegenomen, namelijk in de kosten voor deze energiedragers. Er is geen rekening gehouden met kosten voor het vervroegd afschrijven van bestaande netten en installaties.

Binnen buurten waar een concept als goedkoopste uit de berekeningen komt zullen de kosten variëren per woning, bijvoorbeeld door verschillen in woning typen en grootte. In de grafieken is de spreiding op de totale gemiddelde kosten per woning van buurt tot buurt inzichtelijk gemaakt door de standaarddeviatie aan te geven. De standaarddeviatie is voor ieder concept berekend op basis van de volledige set aan buurtuitkomsten per warmteconcept. In Bijlage C.3 zijn de gemiddelde kosten per warmteconcept verder uitgesplitst naar gemiddeld grote en kleine woningen, wat nog meer inzicht geeft in de kostenspreidingen.

Totale jaarlijkse kosten (huidig en toekomstig) per concept

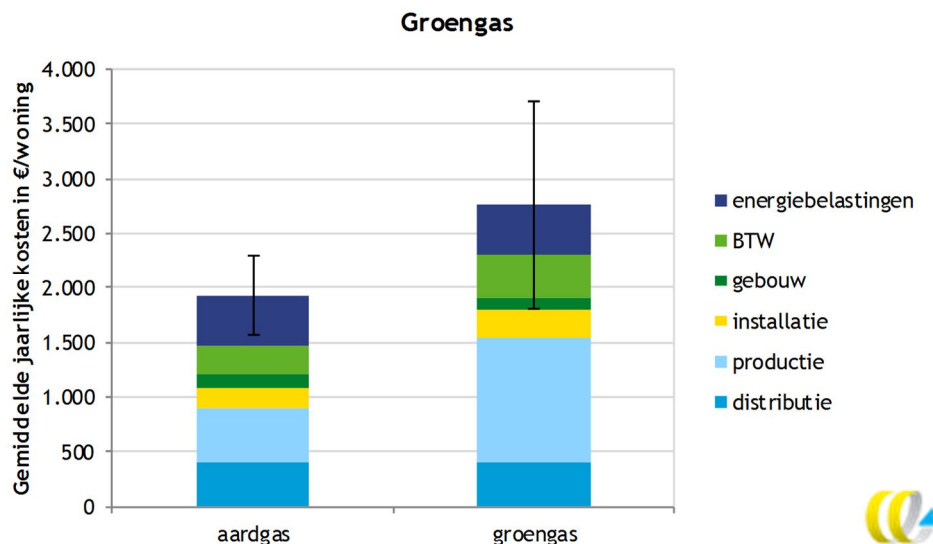
In Figuur 11 zijn de kosten weergegeven voor de woningen in buurten waar een hoge temperatuur-warmtenet uitkomt als optie met de laagste kosten. Ten opzichte van het verwarmen met aardgas nemen de gemiddelde kosten hier per woning toe van € 1.900 naar € 3.000, oftewel € 1.100 extra per jaar. Enerzijds nemen de kosten van distributie flink toe, anderzijds nemen de kosten van productie en energiebelastingen af. De standaarddeviatie wordt gedomineerd door verschillen in de kosten voor het warmtenet van buurt tot buurt. Dit komt door verschillen in de bebouwingsdichtheid en de aangenomen variatie in aansluitkosten in verband met regionale verschillen.

Figuur 11 – Kosten per jaar voor woningen in buurten met hogetemperatuur-warmtelevering



In Figuur 12 is het resultaat weergegeven voor de woningen in buurten waar een groengasinstallatie als optie met de laagste kosten uitkomt. Ten opzichte van het verwarmen met aardgas nemen de gemiddelde kosten voor de woningen in deze buurten toe van € 1.900 naar € 2.800, oftewel € 900 per jaar. Vooral de kosten van productie (groengas i.p.v. van aardgas) nemen sterk toe. De standaardafwijking wordt gedomineerd door de productiekosten.

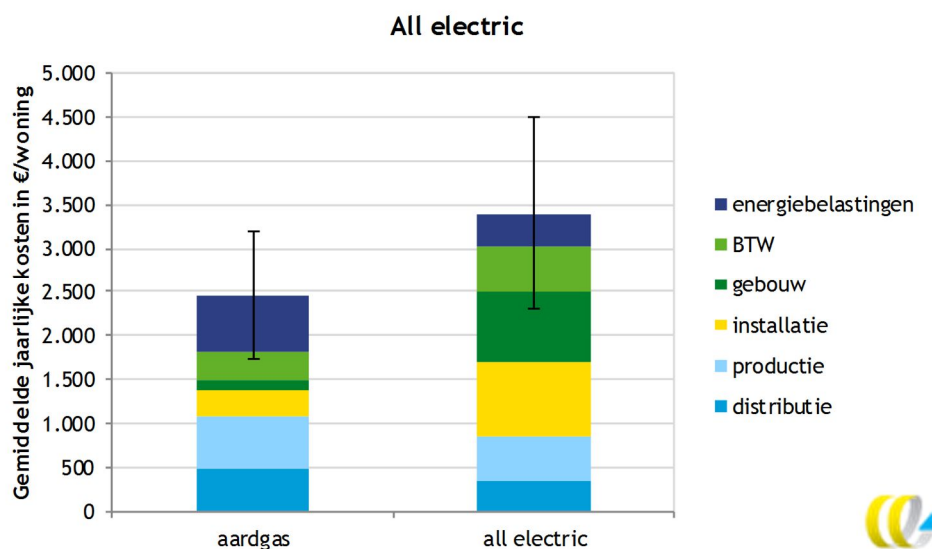
Figuur 12 - Kosten per jaar voor woningen in buurten met groengas



In Figuur 13 zijn de kosten weergegeven voor de woningen in buurten waar een all electric-systeem uitkomt als optie met de laagste kosten. Ten opzichte van het verwarmen met aardgas in 2017 nemen de gemiddelde kosten per woning in deze buurten toe van € 2.500 naar € 3.400, oftewel € 900 per

jaar. Zowel de kosten van de installatie (warmtepomp in plaats van CV) als van de gebouwinstallatie als -isolatie nemen sterk toe. De grootste onzekerheid zit in de gebouwkosten, die voor een groot deel evenredig zijn met het oppervlak van de woningen.

Figuur 13 – Kosten per jaar voor woningen in all electric-buurt

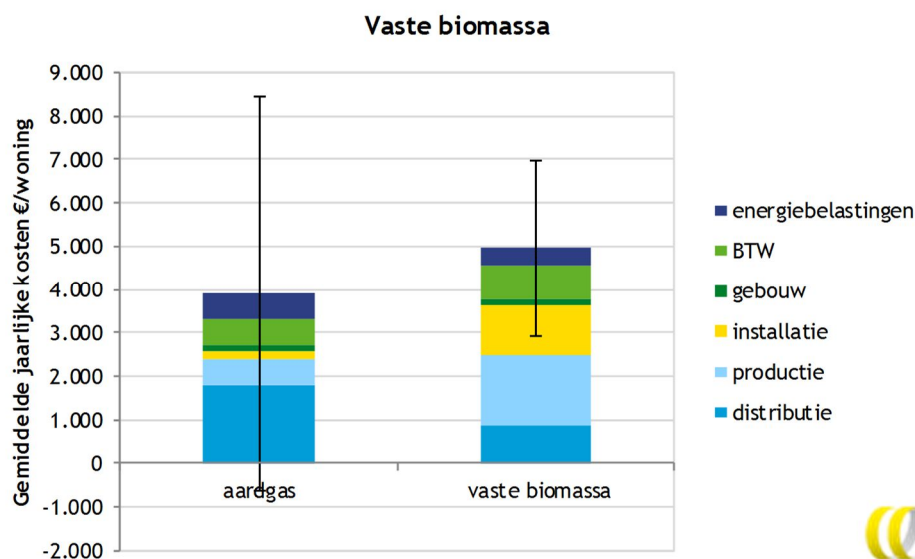


De lagetemperatuur-warmtelevering is gemodelleerd als een centrale WKO-bron met een kleinschalig warmtenet en goed geïsoleerde woningen met lagetemperatuur-afgifte. Met deze modelering is het vaak een dure optie voor de bestaande bouw. Het aantal buurten waarvoor deze optie de laagste kosten heeft is te beperkt om een representatief gemiddelde van de kosten te bepalen.

In Figuur 14 zijn de kosten weergegeven voor de woningen in buurten met een bio-pelletketel. Ten opzichte van het verwarmen met aardgas nemen de gemiddelde kosten per woning toe van € 3.900 naar € 5.000, oftewel € 1.000 per jaar. Enerzijds nemen de kosten van de installatie en energiedrager toe, anderzijds nemen de kosten van distributie af omdat er enkel nog een elektriciteitsnet in de buurt is. Opvallend is dat de standaardafwijking afneemt t.o.v. de referentie op aardgas. De variatie in distributiekosten is zeer groot voor deze buurten en doordat de vaste biomassa optie enkel gebruik maakt van het elektriciteitsnet neemt de standaardafwijking af.

Wat opvalt is dat de kosten voor verwarming met aardgas hoger is in deze buurten dan in buurten die met groengas verwarmd worden. Dit heeft te maken met het feit dat het andere buurten met andere typen woningen gaat, vaak groter en/of met een hoger gasgebruik.

Figuur 14 - Kosten per jaar voor woningen met een bio-pelletketel

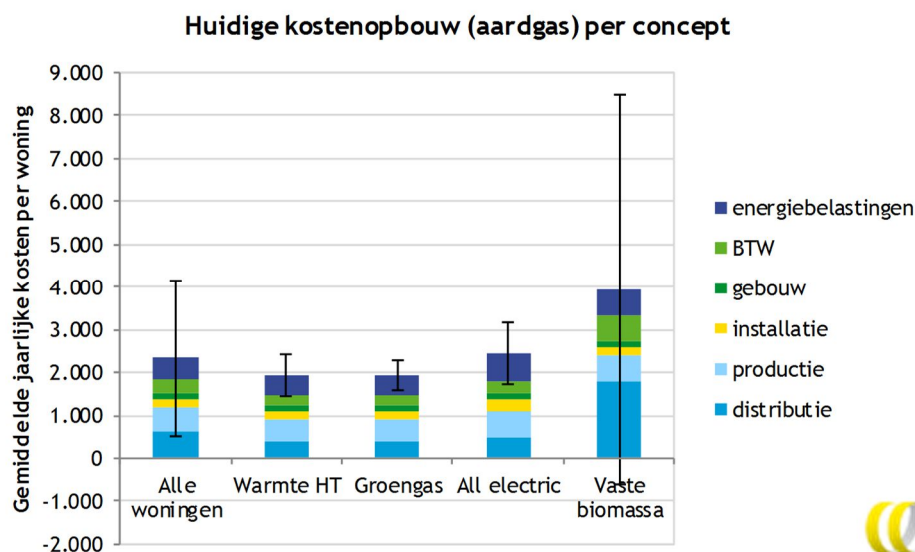


Huidige en toekomstige kosten van de concepten

In de vorige paragraaf zijn steeds de huidige kosten van verwarmen met aardgas vergeleken met de kosten voor het klimaatneutrale concept. Per concept verschillen die huidige kosten, aangezien het steeds een verschillende set aan buurten met verschillende eigenschappen betreft.

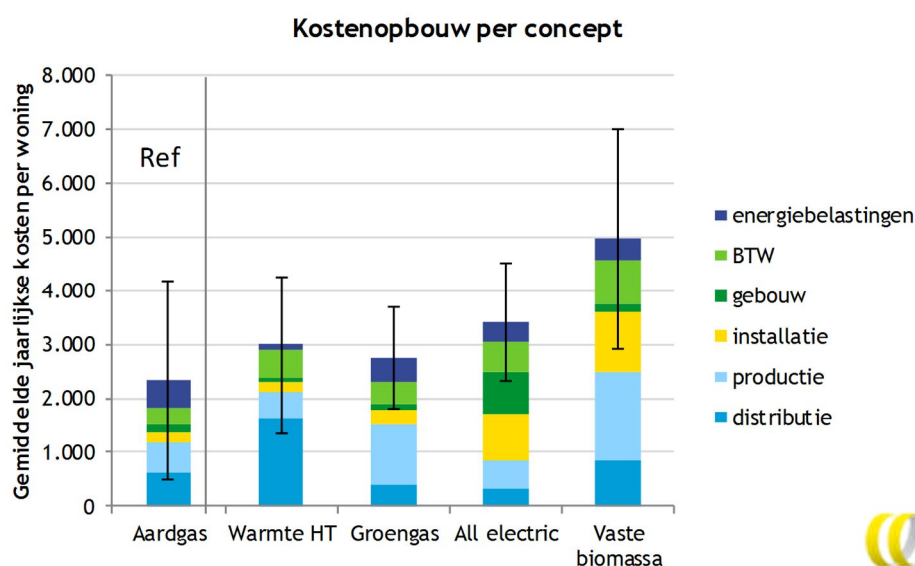
In Figuur 15 zijn deze huidige kosten van verwarmen met aardgas van ieder concept naast elkaar gezet en vergeleken met de huidige kosten van verwarmen met aardgas gemiddeld over alle buurten. Met name de buurten waar vaste biomassa als goedkoopste klimaatneutrale optie uitkomt, liggen de huidige kosten voor verwarmen met aardgas hoger dan het gemiddelde over alle buurten. Dit komt omdat de vaste biomassa buurten typisch de buitengebieden zijn waar de kosten van distributie relatief hoog zijn door de grote afstand tussen woningen. De kosten per meter leiding zijn weliswaar lager dan leidingen in stedelijk gebied, maar het aantal meters is veel groter. Dit zal sterk verschillen per gebied en de gehanteerde cijfers zijn voor buitengebieden erg grof.

Figuur 15 - Jaarlijkse referentiekosten (aardgasverwarming) per woning voor ieder concept



De jaarlijkse kosten voor ieder warmteconcept in een klimaatneutrale warmtevoorziening worden weergegeven in Figuur 16. Daarbij zijn ook weer de huidige gemiddelde kosten voor verwarmen op aardgas weergegeven als referentie, gemiddeld over alle buurten. De kosten voor alle klimaatneutrale warmteconcepten liggen hoger dan de huidige kosten van verwarmen. Gemiddeld is dit € 1.000 per woning. De figuur laat ook grote verschillen in de kostenverdeling over de keten zien voor de verschillende warmteconcepten. Bij warmtelevering zijn de distributiekosten hoog, bij all electric zijn juist de installatie en gebouwkosten hoog en bij groengas en vaste biomassa zijn de productiekosten dominant. De spreiding op totale kosten is het hoogst voor buurten met vaste biomassa. Dit komt met name door de grote spreiding in leidinglengtes per woning in de buitengebieden, waar dit concept met name wordt toegepast.

Figuur 16 - Jaarlijkse kosten per woning voor ieder warmteconcept

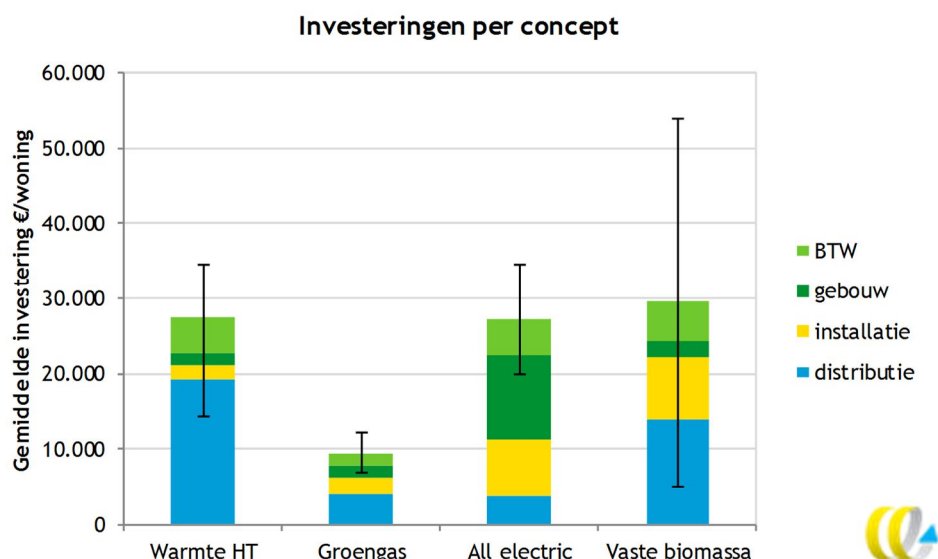


Tabel 5 - Gemiddelde jaarlijkse kosten per warmteconcept in €/jaar

Concept	Huidige kosten (aardgas)	Kosten klimaatneutraal	Vershil
All electric	2.500	3.400	+900
Groengas	1.900	2.800	+900
Warmtelevering	1.900	3.000	+1.100
Vaste biomassa	3.900	5.000	+1.000

De gemiddelde investering per woning voor ieder van de warmteconcepten is weergegeven in Figuur 17. De woningeneigenaren in buurten waarvoor all electric het goedkoopste concept is hebben hoge investeringen in het gebouw (isolatiemaatregelen). Voor buurten met hogetemperatuur-warmtelevering zijn juist hoge investeringen nodig in de energie-infrastructuur. Ook voor buurten op groengas zijn de (her)investeringen in de gas-infrastructuur meegerekend. Ook is de spreiding in investeringen van buurt tot buurt weer weergegeven in de grafiek. De spreiding is het grootst voor buurten met vaste biomassa. Dit komt door uiteenlopende investeringen in het elektriciteitsnet, door buurten met een lage tot extreem lage bebouwingsdichtheid.

Figuur 17 - Gemiddelde investeringen per warmteconcept (zonder subsidies)

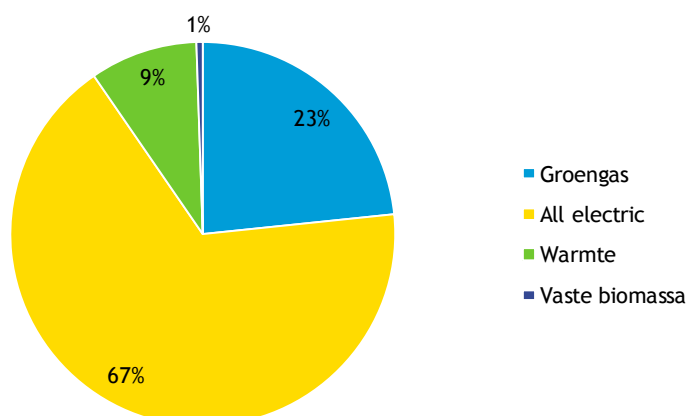


B.5 Kosten per concept als alle woningen geschikt worden gemaakt voor een LT-warmtesysteem

Het CEGOIA-model berekent de integrale ketenkosten van de verschillende concepten, waarbij per buurt het gemiddelde isolatieniveau toegepast wordt dat leidt tot de laagste kosten voor de buurt. Deze uitkomsten kunnen afwijken van de uitkomst als de zogenaamde Trias Energetica wordt gevolgd. Hierbij wordt eerst bespaard, waarna in een vervolgstap de resterende warmtevraag klimaatneutraal wordt ingevuld. Het kan zijn dat de totale kosten van die aanpak hoger uitkomen dan wanneer direct van het begin af aan een integrale afweging wordt gemaakt. In deze paragraaf wordt inzicht geboden in deze verschillen door de berekeningen uit te voeren met een harde schileis voor de woningen van minimaal label B. Voor de lagetemperatuur-verwarmingsopties all electric en LT-warmtelevering gelden deze schileisen al om de woningen comfortabel warm te kunnen houden. De andere concepten worden echter ook geschikt voor LT-afgifte als de harde schileis wordt gehanteerd.

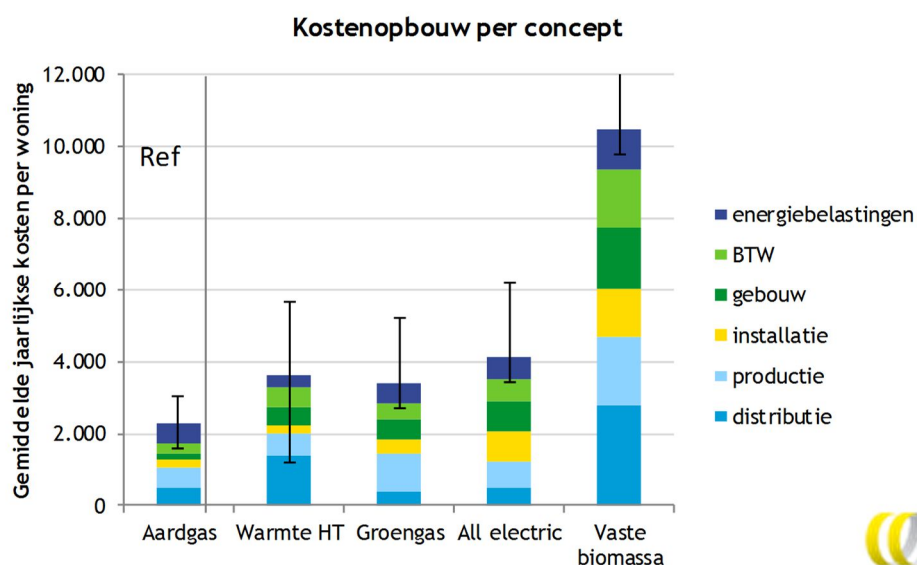
Als minimaal schillabel B als harde eis wordt gesteld bij de modelberekeningen zal in veel buurten het warmteconcept met de laagste kosten wijzigen. Zoals in Figuur 18 is weergegeven is het aandeel all electric veel groter. Dit gaat met name ten koste van het aandeel woningequivalenten op hogetemperatuur-warmtelevering. Naast de hoge investering in een warmtenet is nu immers ook een hoge investering vereist in de gebouwschil. Het aandeel groengas is toegenomen. Door de hoge isolatie wordt er minder gas verbruikt in de woningen, waardoor meer woningen gebruik kunnen maken van het beperkt beschikbare groengas. De jaarlijkse kosten nemen (sterk) toe.

Figuur 18 - Verdeling van woningequivalenten bij minimaal schillabel B voor de woningen



In de volgende figuur zijn de gemiddelde kosten per warmteconcept weergegeven. De verzameling aan buurten waarover gemiddeld is kijkt af van de eerdere kostenberekeningen. Dit komt omdat veel buurten gewijzigd zijn van optie door de harde schil. De gemiddelde kosten zijn voor alle concepten toegenomen. Dit komt door de vereiste investeringen in de gebouwschil. De gemiddelde kosten van de woningen op vaste biomassa zijn het meest toegenomen, maar de spreiding op deze kosten is zeer groot, doordat er nog maar enkele buurten uitkomen op deze optie.

Figuur 19 - Gemiddelde kostenopbouw per warmteconcept bij minimaal schillabel B voor de woningen



B.6 Conclusies

De kosten voor klimaatneutraal verwarmen zijn gemiddeld gewogen € 1.000 hoger per jaar dan de huidige manier van verwarmen met aardgas. In (huidige) kosten zijn niet alleen de energie en netkosten voor verwarmen opgenomen, maar ook de kosten voor de elektriciteitsvraag van de woningen en de jaarlijkse kosten voor de installatie en gebouwmaatregelen. Hierdoor zijn de kosten hoger dan de huidige gemiddelde energierekening. De gemiddelde kosten per warmteconcept lopen uiteen, zoals aangegeven in onderstaande tabel. Voor alle concepten geldt echter dat de meerkosten voor klimaatneutraal verwarmen ongeveer € 1.000 euro bedragen. Deze kosten komen op verschillende manieren, afhankelijk van het concept, als investering (isolatie, huisinstallatie), jaarlijkse vaste kosten (netkosten) en/of variabele energieprijzen bij de consument.

Tabel 6 - Gemiddelde jaarlijkse kosten per warmteconcept in €/jaar

Concept	Huidige kosten (aardgas)	Kosten in 2025	Verschil
All electric	2.500	3.400	+900
Groengas	1.900	2.800	+900
Warmtelevering	1.900	3.000	+1.100
Vaste biomassa	3.900	5.000	+1.000

Het LT-warmtesysteem heeft de laagste kosten voor een zeer beperkt aantal buurten, waardoor er geen representatief gemiddelde jaarkosten te bepalen is. Een centrale WKO-bron met een warmtenet en een laagtemperatuursysteem in de woningen is vaak een dure buurtoplossing voor bestaande woningen.

De woningen in buurten waarvoor vaste biomassa de goedkoopste oplossing is hebben de hoogste gemiddelde kosten, zowel in 2025 als voor de huidige referentiekosten met aardgas. Dit betekent niet dat er nooit gekozen moet worden voor vaste biomassa, want in elke buurt is gekeken naar de goedkoopste oplossing. Ook in deze buurten geldt dat vaste biomassa hier de goedkoopste klimaat-neutrale manier is van verwarmen waarbij is gekeken naar alle opties die voor die buurt beschikbaar zijn. De beperkte beschikbaarheid van groengas kan daarbij een rol spelen.

In dit onderzoek is uitgegaan van de optie met de laagste kosten over de hele keten per buurt. Vanzelfsprekend zijn in de praktijk niet alleen deze kosten bepalend voor een keuze. In veel buurten liggen de kosten van de verschillende concepten niet heel ver uit elkaar. Als in een significant aantal buurten zou worden gekozen voor de op-één-na goedkoopste optie is daarom te verwachten dat de indicatie van de meerkosten van klimaatneutraal verwarmen nog steeds geldt. Daarnaast leert de ervaring dat de grootste gevoeligheid in modeluitkomsten samenhangt met de aannamen voor de beschikbaarheid van groengas en restwarmte. Analyses met variaties op de kosten, zoals distributiekosten, laten zien dat daarbij geen grote verschuivingen optreden.

Voor woningen met een warmtenet zijn de distributiekosten dominant, voor woningen met groengas zijn dit de productiekosten. Bij de all electric-woningen zijn de kosten voor gebouwmaatregelen (installatie en isolatie) het hoogst.

De variatie in kosten van buurt tot buurt verschillen per concept. In buurten met warmtelevering hangen de kosten van het distributienet sterk samen met de lokale omstandigheden. In buurten met all electric-woningen is de variatie in distributiekosten veel kleiner. In deze buurten zullen echter juist grote verschillen tussen investeringen in de schil bestaan, door variaties in het huidige isolatieniveau van de woningen en de mogelijkheden om te isoleren.

C Model uitgangspunten

C.1 Opzet model en onzekerheden

Het doel van de modelberekeningen in deze Appendix is om inzicht te verschaffen in de kostenstructuur van een kostenefficiënte klimaatneutrale invulling van warmtevoorziening. Rekenmodellen vormen echter altijd een vereenvoudigde weergave van de werkelijkheid. Daarnaast wordt voor verschillende parameters en variabelen gebruik gemaakt van inschattingen, zeker als het gaat om berekeningen voor toekomstige situaties. Alle waarden zijn met diverse stakeholders (energieleveranciers, woningcorporaties, warmtebedrijven, installateurs) in de afgelopen jaren in de vele projecten die met CEGOIA zijn uitgevoerd, gevalideerd. Belangrijke veronderstellingen hebben betrekking op:

Investerings, kosten, financiële parameters: deze zijn veelal gebaseerd op inschattingen die in verschillende projecten met stakeholders zijn gevalideerd (corporaties, netbeheerder, energieleveranciers).

Toekomstontwikkelingen: in het model zitten toekomstige prijzen en kostenontwikkelingen. Deze zijn gebaseerd op nationale verkenningen (zoals NEV), wetenschappelijke studies en aannames. Zij afgestemd met de stakeholders.

Buurtgemiddelden: het model rekent met gemiddelden van een buurt. Dit gebeurt voor zowel het energieverbruik, het energielabel als de dichtheid. Binnen buurten zijn echter (zeer) grote afwijkingen mogelijk. De uitkomsten hoeven dus ook niet per definitie voor alle gebouwen in de buurt geldig te zijn.

Emissieloze elektriciteit: in de studie wordt aangenomen dat alle elektriciteit in 2050 geen CO₂-emissie meer heeft. Hiermee worden dus zowel de all electric-opties, als de opties die elektrische hulpenergie gebruiken (zoals warmtenetten en HR-ketels) in 2050 CO₂-vrij.

Restwarmte: De potentie aan restwarmte is geïnventariseerd bij de stakeholders. Nuon heeft aanvullend onderzoek gedaan naar de beschikbaarheid van (rest)warmte. Zij concluderen dat er aanzienlijk meer beschikbare (rest)warmte te verwachten is. Deze nieuwe inzichten hebben naar alle verwachting een significante impact op de uitkomsten zoals gepresenteerd in deze rapportage. Het is aanbevolen deze nieuwe inzichten in een volgend onderzoek mee te nemen.

Groen gas: biomassa dat nodig is voor de productie van groen gas is beperkt aanwezig in Nederland. De hoeveelheid beschikbaar groen gas voor de gebouwde omgeving is daarmee aanzienlijk kleiner dan het huidige aardgas. Binnen het project zijn aannames afgestemd met de stakeholders hoe hier mee om te gaan. Er wordt op dit moment veel onderzoek in Nederland gedaan naar de mogelijkheden van groen gas. Nieuwe inzichten kunnen leiden tot andere uitkomsten en kunnen in vervolgonderzoek worden meegenomen.

Hernieuwbaargas: naast groen gas wordt ook gebruik gemaakt van hernieuwbaar gas (zoals waterstofgas), geproduceerd uit 'overschotten' hernieuwbare elektriciteit. De toekomstige beschikbaarheid daarvan is van zéér veel factoren afhankelijk. In deze studie is rekening gehouden met de recente inzichten en verwachtingen. Nieuwe inzichten kunnen leiden tot andere uitkomsten en kunnen in vervolgonderzoek worden meegenomen.

C.2 Ontwikkeling van de kosten

De nationale doelstellingen betreffen een klimaatneutrale warmtevoorziening voor de gebouwde omgeving in 2050. De kosten van verschillende klimaatneutrale warmtetechnieken zullen dalen naarmate deze technieken meer worden toegepast en verder worden ontwikkeld. Uitgaan van de huidige kosten kan daarom een overschatting geven. Tegelijkertijd kan men niet wachten tot 2050 om de warmtevoorziening aan te passen en zullen de kosten pas dalen naarmate de technieken meer en meer worden ingezet. Daarom is bij de berekening uitgegaan van de kosten in het zichtjaar 2025, waarbij de kosten al een eerste ontwikkeling hebben doorgemaakt. Daarnaast is uitgegaan van de

kosten voor groengas in plaats van aardgas en een verhoogde elektriciteitsprijs i.v.m. klimaatneutrale opwekking.

In Tabel 7 is een overzicht gegeven van de kostendalingen en energieprijzen t.o.v. 2017. Voor de energiekosten zijn de voorspellingen van de NEV 2016 aangehouden. De belastingen (inclusief ODE-heffing) zijn gelijk gehouden aan de huidige belastingen op de verschillende energiedragers.

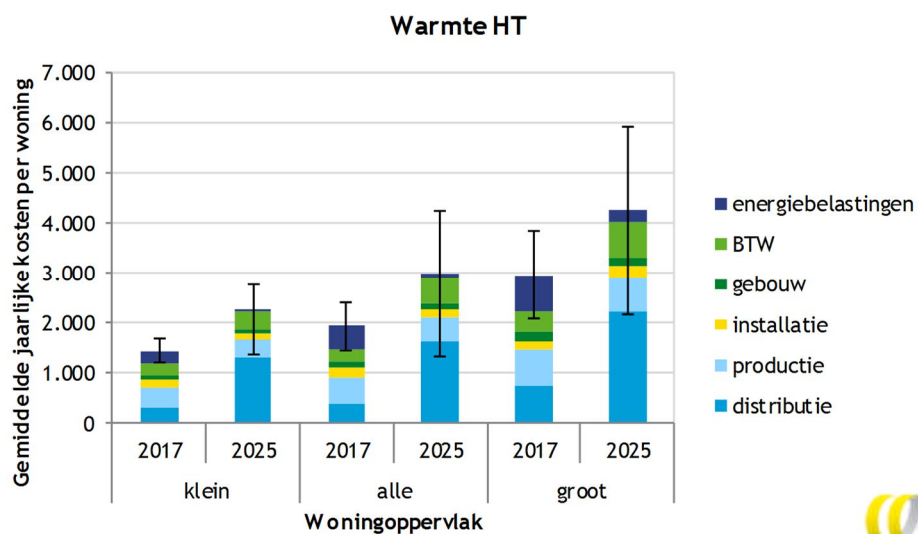
Tabel 7 Kostenverschillen 2025 t.o.v. 2017

Onderdeel	Kosten in 2025 t.o.v. 2017
Gas- en elektriciteitsnet	100%
Warmtenet	100%
Netverzwaring	100%
HR-ketel	90%
Hybride warmtepomp	77%
Elektrische warmtepomp	77%
Restwarmte uitkoppeling	77%
Geothermiebron	77%
WKO-bron	77%
Afgiftesystemen	90%
Koelinstallaties	77%
Ventilatiesystemen	77%
WTW, zonneboilers, zon-PV	77%
Isolatiemaatregelen	77%
Nul-op-de-Meter-isolatie	77%
Aardgas	25 €/m ³ (excl. belastingen)
Groengas	75 €/m ³ (excl. belastingen)
Elektriciteit	10 €/kWh (excl. belastingen)

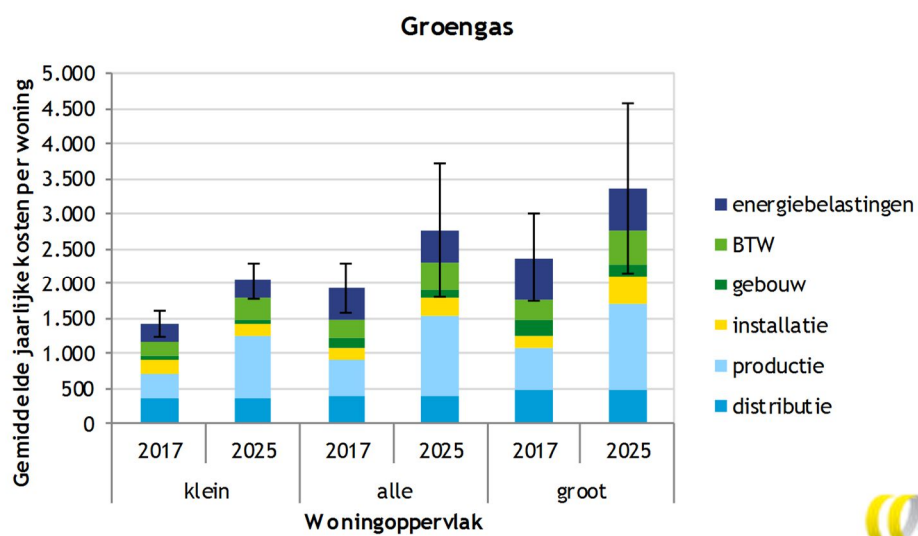
C.3 Kostenverdeling per warmteconcept naar woningoppervlak

De kosten voor de warmtevoorziening van een woningen hangen ook samen met de grootte van de woning. Om aanvullend inzicht te bieden in de spreiding op de kosten zijn daarom ook de gemiddelde kosten per warmteconcept bepaald voor alle buurten met gemiddeld kleine woningen (< 80 m²) en alle buurten met gemiddeld grote woningen (> 150 m²). De kosten voor woningen in buurten met gemiddeld grote woningen liggen steeds hoger dan de kosten voor woningen in buurten met gemiddeld kleine woningen. De grote woningen liggen dan ook verder uit elkaar, waardoor de distributiekosten hoger zijn, en ze hebben een hogere warmtevraag. Daarnaast zijn de investeringen in het afgiftesysteem en isolatiemaatregelen evenredig met het woningoppervlak.

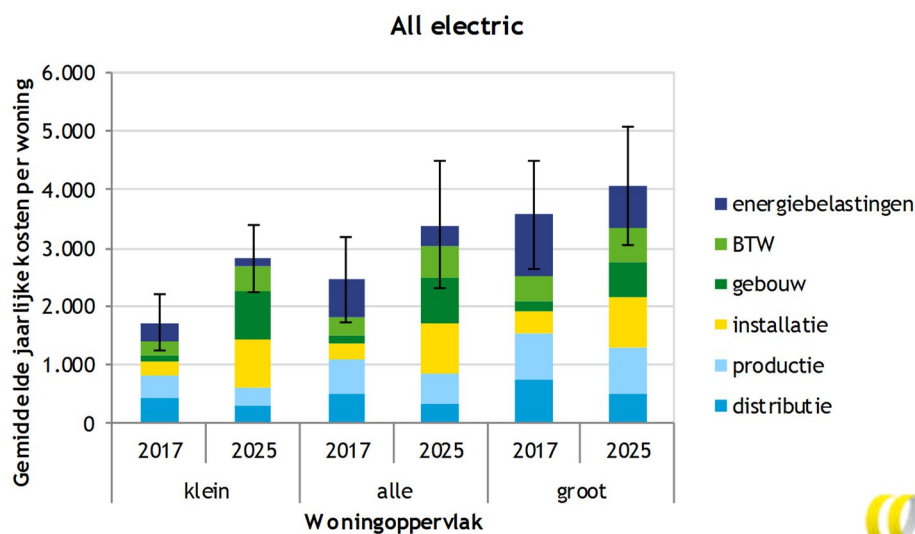
Figuur 20 - Kostenopbouw voor woningen met HT-warmtelevering



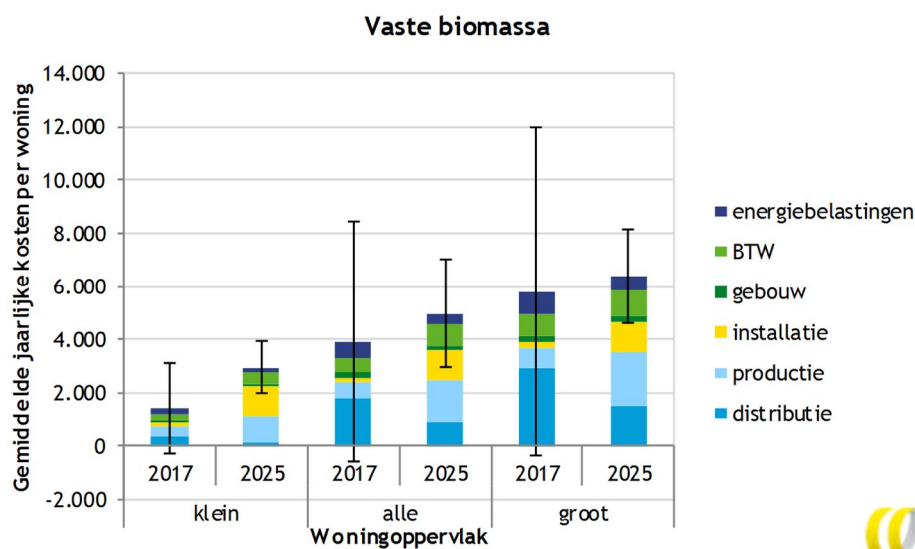
Figuur 21 - Kostenopbouw voor woningen met groengas



Figuur 22 - Kostenopbouw voor all electric-woningen



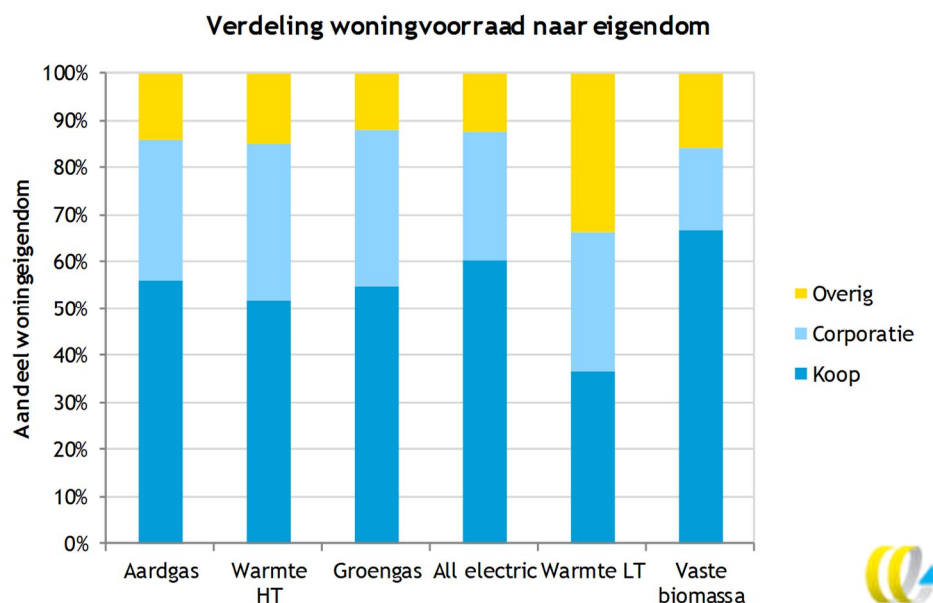
Figuur 23 - Kostenopbouw voor woningen met vaste biomassa



C.4 Verdeling naar woningeigendom per concept

De berekende kosten zijn de totale kosten over de hele keten van de warmtevoorziening. Bij mogelijke vereffening van de kosten is het inzicht in verschil tussen kosten voor bewoners en kosten voor woningeigenaren van belang. Figuur 24 geeft per warmteconcept de verdeling van koopwoningen, corporatiewoningen en overige woningen (met name particulier verhuurde woningen) weer. Ieder van de warmteconcepten komen voor bij zowel koop als huurwoningen. Het aandeel huurwoningen bij vaste biomassa is het laagst, omdat dit met name de buitengebieden betreft.

Figuur 24 - Verdeling van de woningvoorraad naar koop, corporatie en overige woningen

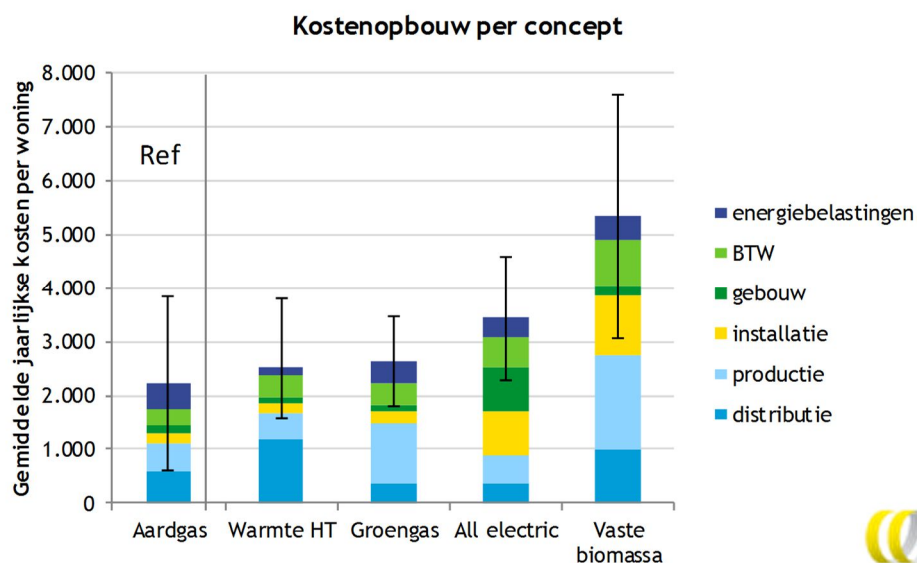


C.5 Uitkomsten bij halvering van de kosten wijkdistributie op warmtenetten

Naar aanleiding van verschillende gesprekken over de aangenomen kosten voor hogetemperatuur-warmtenetten is een gevoeligheidsanalyse gedaan met een halvering van de aansluitkosten. Kosten voor de aanleg van warmtenetten worden met name gedreven door civiel technische werkzaamheden en deze kunnen sterk verschillen per regio binnen Nederland. Bij halvering van de aansluitkosten neemt het potentieel van warmte toe van 50 naar 57%, wat met name ten koste gaat van het aandeel all electric-buurtten.

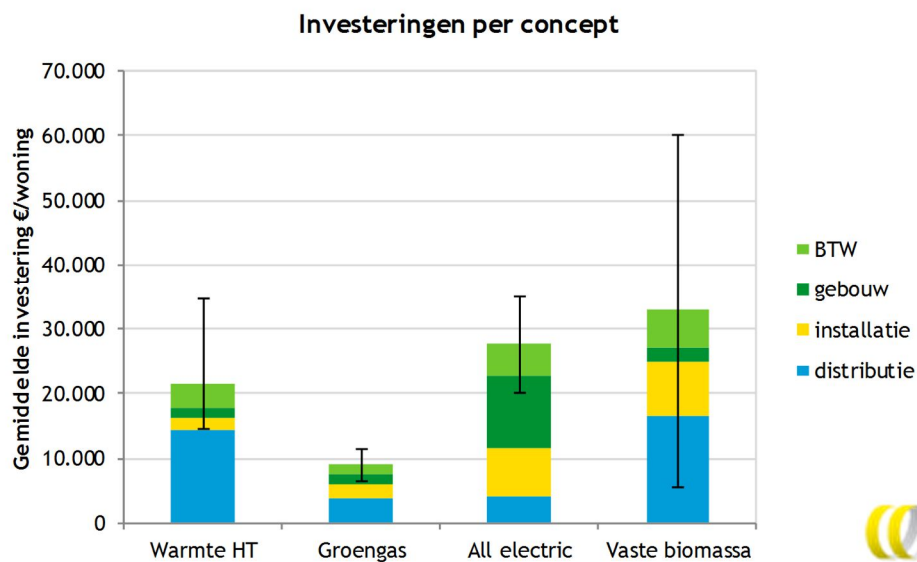
In Figuur 25 zijn de gemiddelde jaarlijkse kosten per woning voor ieder van de concepten weergegeven bij deze analyse. De gemiddelde kosten voor het hogetemperatuur warmteconcept zijn afgenomen van € 3.000 naar € 2.500.

Figuur 25 - Jaarlijkse kosten per woning voor ieder warmteconcept bij halvering warmteaansluitkosten



De gemiddelde investering in het onderdeel distributie neemt aanzienlijk af voor de buurten met hogetemperatuur warmtelevering, het directe gevolg van aangenomen vermindering in warmteaansluitkosten.

Figuur 26 – Gemiddelde investering per woning voor ieder warmteconcept bij halvering warmteaansluitkosten



C.6 Modelparameters

Alle investeringen worden in het model omgerekend naar jaarlijkse kosten. Dit gebeurt met een specifieke discontovoet en afschrijftermijn, afhankelijk van het type investering. De gehanteerde discontovoeten zijn weergegeven in Tabel 8 en de gehanteerde afschrijftermijnen in Tabel 9.

Tabel 8 - Gehanteerde discontovoeten

Onderdeel	Discontovoet
Energie-infrastructuur	6,0%
Woningen	5,5%
Utiliteit	8,0%
Glastuinbouw	8,0%

Tabel 9 - Gehanteerde afschrijftermijnen

Onderdeel	Afschrijftermijn
Collectieve installaties	25 jaar
Gebouwinstallaties	15 jaar
Energie-infrastructuur	40 jaar
Gebouwmaatregelen	25 jaar
Zonneboiler	20 jaar
Zonnepanelen	20 jaar

De investeringen en rendementen per techniek zijn opgenomen in de Tabel 10 t/m Tabel 12.

Tabel 10 - Inputwaarden individuele warmtetechnieken

Techniek	Investering	Leercurve ⁸	Rendement ⁹	Onderhoud ¹⁰
HR-ketel	€ 1.500	Langzaam	0,94/0,70	2%
Hybride warmtepomp (buitenlucht)	€ 5.000	Snel	Variabel ¹¹	2%
Hybride warmtepomp (ventilatie)	€ 4.023	Snel	Variabel ¹¹	2%
Elektrische luchtwarmtepomp	€ 8.000	Snel	3,7/-	2%
Elektrische bodemwarmtepomp	€ 15.000	Snel	4,4/-	2%
CV-ketel (vaste biomassa)	€ 8.000	Langzaam	0,86/-	5%
Elektrische boiler (warm tapwater)	€ 1.112	Langzaam	-/0,75	0%

Tabel 11 - Inputwaarden collectieve warmtetechnieken

Techniek	Investering	Leercurve ⁸	Onderhoud ¹⁰
Restwarmte industrie	250 €/kW	Snel	5%
Geothermie	1.820 €/kW	Snel	3%
Wijk-WKK	1.300 €/kW	Langzaam	1%
WKO	1.133 €/kW	Snel	0,5%

⁸ Zie Figuur 27.

⁹ Het rendement voor ruimteverwarming/warm tapwater.

¹⁰ De jaarlijkse onderhoudskosten zijn uitgedrukt als percentage van de investering.

¹¹ Zie Tabel 12.

Tabel 12 - Inputwaarden hybride warmtepomp

Techniek	Schil	Aandeel elektrisch	Rendement elektrisch	Rendement gas
Buitenlucht	A	0,52	3,68	0,70
	B	0,49	3,72	0,70
	C	0,47	3,75	0,70
	D	0,45	3,78	0,70
	E	0,42	3,81	0,70
	F	0,40	3,84	0,70
	G	0,38	3,86	0,70
Ventilatielucht	A	0,58	4,27	0,70
	B	0,56	4,28	0,70
	C	0,49	4,29	0,70

De kosten voor de verschillende afgiftesystemen zijn opgenomen in Tabel 13.

Tabel 13 - Inputwaarden afgiftesystemen per bruto vloeroppervlak

Afgiftesysteem	Investering
LT-radiatoren	14 €/m ²
HT-radiatoren	16 €/m ²
Vloerverwarming	72 €/m ²

Bij woningen met zware isolatie ontstaat er een ventilatie- en koelvraag. Er zijn dan aanvullende investeringen nodig in een ventilatiesysteem en koelinstallatie. De all electric-woningen en de woningen op een LT-warmtenet met WKO-bron hebben geen aparte koelinstallatie nodig, omdat de warmtepomp en WKO-bron ook in koude kunnen voorzien. Bij de Nul-op-de-Meter-woning worden ook zonnepanelen en een WTW-douchepijp toegepast. Hierbij wordt uitgegaan van de salderings-regeling met het eigen jaarlijks verbruik als bovengrens. De parameters van deze installaties zijn opgenomen in Tabel 14.

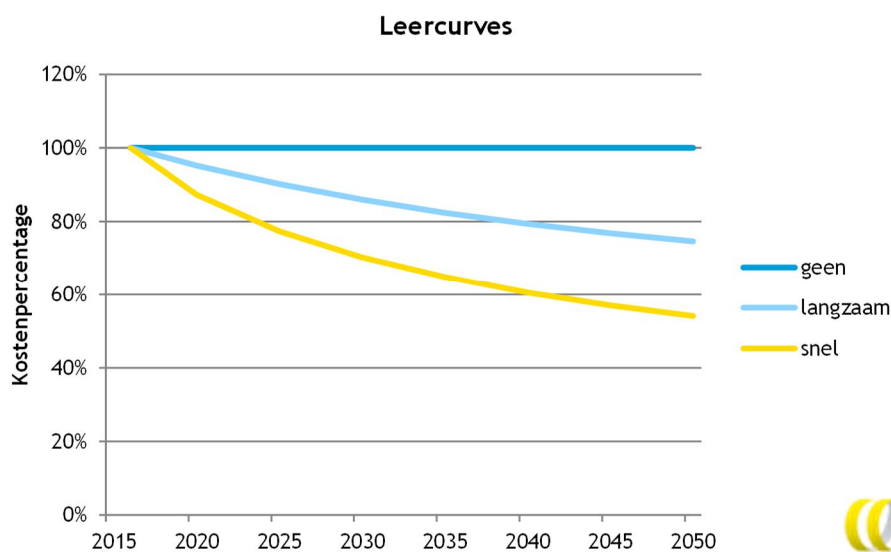
Tabel 14 - Inputwaarden overige technieken

Techniek	Investering	Leercurve ⁸	Rendement	Onderhoud ¹⁰
Monoblock koelsysteem	€ 1.000	Snel	0,40	0%
Mechanische ventilatie	€ 377	Snel	0,80	2%
WTW - douchepijp	€ 487	Snel	50% besparing ¹²	2%
Zonneboiler voor warm tapwater	€ 2.524	Snel	50% besparing ¹²	2%
Zon-PV	285 €/m ²	Snel	150 kWh/m ²	0%

De investeringsparameters in het model zijn voorzien van een leercurve die aangeeft hoe de kosten zich in de loop van de tijd ontwikkelen. Er zijn twee verschillende leercurves gehanteerd: een langzame curve voor technieken die al verder doorontwikkeld zijn en een snelle curve voor nieuwe technieken waarbij wordt verwacht dat er nog veel kostendaling zal optreden.

¹² De installatie zorgt voor een besparing van 50% op de warm tapwatervraag.

Figuur 27 - Leercurves op investeringen door innovaties



In de volgende tabellen zijn de besparingsparameters opgenomen.

Tabel 15 - Besparing op de warmtevraag voor ruimteverwarming van woningen per schilstep

Schil	A+ ¹³	A	B	C	D	E	F	G
Huidig G	73%	45%	34%	28%	18%	10%	3%	0%
Huidig F	69%	43%	32%	26%	15%	7%	0%	-
Huidig E	62%	39%	27%	20%	8%	0%	-	-
Huidig D	54%	34%	20%	13%	0%	-	-	-
Huidig C	43%	24%	8%	0%	-	-	-	-
Huidig B	33%	17%	0%	-	-	-	-	-
Huidig A	23%	0%	-	-	-	-	-	-
Huidig A+	0%	-	-	-	-	-	-	-

Op de investeringskosten voor isolatiemaatregelen wordt de langzame leercurve toegepast, met uitzondering van isoleren naar energielabel A+, hierbij wordt de snelle leercurve toegepast.

Tabel 16 - Investeringskosten in €/m² voor isolatiemaatregelen van *gestapelde* woningen

Schil	A+	A	B	C	D	E	F	G
Huidig G	441	141	116	102	80	57	30	0
Huidig F	337	138	107	89	61	30	0	-
Huidig E	337	132	96	75	43	0	-	-
Huidig D	253	160	80	34	0	-	-	-
Huidig C	267	157	72	0	-	-	-	-
Huidig B	119	84	0	-	-	-	-	-
Huidig A	64	0	-	-	-	-	-	-
Huidig A+	0	-	-	-	-	-	-	-

¹³ Het label A+ wordt enkel toegepast in combinatie met een elektrische warmtepomp en zonnepanelen: de zogenaamde Nul-op-de-Meter-woning.

Tabel 17 - Investeringskosten in €/m² voor isolatiemaatregelen van *grondgebonden* woningen

Schil	A+	A	B	C	D	E	F	G
Huidig G	303	170	140	123	96	66	33	0
Huidig F	277	166	128	106	72	35	0	-
Huidig E	232	147	107	85	49	0	-	-
Huidig D	198	122	76	49	0	-	-	-
Huidig C	218	185	69	0	-	-	-	-
Huidig B	82	70	0	-	-	-	-	-
Huidig A	31	0	-	-	-	-	-	-
Huidig A+	0	-	-	-	-	-	-	-

De toegepaste leercurve op de isolatiekosten voor utiliteitsgebouwen in de langzame curve.

Tabel 18 - Warmtevraag in GJ/m² en investeringskosten voor isolatiemaatregelen in €/m² van utiliteit

BAG-functie	Bouwjaar	Huidige warmte vraag (GJ/m ²)	Isolatie-niveau B (GJ/m ²)	Isolatie-niveau A (GJ/m ²)	Kosten niveau B (€/m ²)	Kosten niveau A (€/m ²)
Kantoor	Tot 1920	1,01	0,27	0,19	78	104
	1920-1974	0,80	0,24	0,17	77	104
	1975-1989	0,41	0,22	0,16	71	98
	1990-1994	0,37	0,22	0,15	70	97
	Vanaf 1990	0,31	0,21	0,15	67	93
Winkel	Tot 1920	0,51	0,15	0,10	92	121
	1920-1974	0,41	0,13	0,09	91	121
	1975-1989	0,21	0,12	0,09	83	113
	1990-1994	0,20	0,11	0,08	82	111
	Vanaf 1990	0,16	0,11	0,08	77	107
Gezondheidszorg	Tot 1920	1,15	0,39	0,27	92	122
	1920-1974	0,84	0,37	0,26	91	122
	1975-1989	0,47	0,34	0,24	84	114
	1990-1994	0,47	0,31	0,22	82	112
	Vanaf 1990	0,39	0,30	0,21	78	108
Logies	Tot 1920	0,75	0,27	0,19	88	117
	1920-1974	0,60	0,24	0,17	87	117
	1975-1989	0,33	0,23	0,16	81	111
	1990-1994	0,31	0,22	0,16	79	109
	Vanaf 1990	0,27	0,21	0,15	76	106
Onderwijs	Tot 1920	0,55	0,16	0,11	85	114
	1920-1974	0,42	0,15	0,10	85	114
	1975-1989	0,23	0,13	0,09	75	105
	1990-1994	0,22	0,12	0,08	74	103
	Vanaf 1990	0,17	0,12	0,08	69	98
Bijeenkomst	Tot 1920	0,55	0,21	0,14	78	106
	1920-1974	0,79	0,34	0,24	77	105
	1975-1989	0,60	0,41	0,28	71	99
	1990-1994	0,61	0,40	0,28	70	98
	Vanaf 1990	0,42	0,34	0,24	66	94
Sport	Tot 1920	0,80	0,32	0,22	128	180
	1920-1974	0,65	0,34	0,23	127	179

BAG-functie	Bouwjaar	Huidige warmte vraag (GJ/m²)	Isolatie-niveau B (GJ/m²)	Isolatie-niveau A (GJ/m²)	Kosten niveau B (€/m²)	Kosten niveau A (€/m²)
Cel	1975-1989	0,42	0,31	0,22	115	167
	1990-1994	0,42	0,30	0,21	112	164
	Vanaf 1990	0,35	0,28	0,19	105	157
	Tot 1920	1,21	0,38	0,27	53	72
	1920-1974	0,82	0,38	0,27	53	71
	1975-1989	0,49	0,33	0,23	50	68
	1990-1994	0,49	0,30	0,21	49	67
	Vanaf 1990	0,39	0,30	0,21	47	65

Tabel 19 - Overige energievragen van woningen

Woningschil	Ventilatie (GJ/m²)	Koude (GJ/m²)	Hulpenergie (GJ/m²)	Warm tapwater (GJ/pp)
A+	0,03	0,05	0,01	3,0
A	0,03	0,05	0,01	3,0
B	0,02	0,05	0,01	3,0
C	0,02	0,00	0,01	3,0
D	0,02	0,00	0,01	3,0
E	0,01	0,00	0,01	3,0
F	0,01	0,00	0,01	3,0
G	0,00	0,00	0,01	3,0

Tabel 20 - Overige energievragen van utiliteit

BAG-functie	Ventilatie (GJ/m²)	Koude (GJ/m²)	Hulpenergie (GJ/m²)	Koudevraag (GJ/m²)	Warm tapwater (GJ/m²)
Kantoor	0,019	0,034	0,007	0,034	0,006
Winkel	0,008	0,011	0,010	0,011	0,006
Gezondheidszorg	0,046	0,030	0,016	0,030	0,095
Logies	0,048	0,077	0,019	0,077	0,065
Onderwijs	0,009	0,002	0,009	0,002	0,007
Bijeenkomst	0,048	0,077	0,019	0,077	0,065
Sport	0,081	0,000	0,042	0,000	0,079
Cel	0,048	0,077	0,019	0,077	0,065

Tabel 21 - Ouderdomsfactoren: kostenverhogende factor vanwege de ouderdom van de gebouwen

Investeringsonderdeel	Bouwjaar voor 1900	Bouwjaar 1900-1945	Bouwjaar na 1945
Isolatiemaatregelen	2	1,5	1
Amovering	1,3	1	0,65
Energie-infrastructuur	2	1,5	1

Tabel 22 - Inputwaarde potentieel dakoppervlakte zon-PV

BAG-functie	Ratio dak/bruto vloeroppervlak	Aandeel dakoppervlak beschikbaar
Woning - grondgebonden	0,25	1/3
Woning - gestapeld	0,33	1/2
Kantoor	0,48	1/2
Winkel	0,50	1/2
Gezondheidszorg	0,40	1/2
Logies	0,50	1/2
Onderwijs	0,71	1/2
Bijeenkomst	0,40	1/2
Sport	1,00	1/2
Cel	0,26	1/2

De kosten voor netverzwaring bij gebruik van elektrische warmtepompen bedragen 961 €/kW (zonder leercurve).

Tabel 23 - Inputwaarde netverzwaring elektriciteit

Techniek	Isolatieschil	Netverzwaring ¹⁴ (kW)
Bodemwarmtepomp	A+	0,5
	A	1,1
	B	1,7
Lucht-waterwarmtepomp	A+	1,9
	A	4,1
	B	7,2

Tabel 24 - Productiekosten warmtebronnen

Warmtebron	Kosten (€/GJ)	Opmerking
Afvalverbrandingsinstallatie	2,67	-
Biomassacentrale	20	-
Geothermie	Elektriciteitsprijs/20	SPF 20 (pompenenergie)
Industrie	Elektriciteitsprijs/20	SPF 20 (pompenenergie)
Gasturbine	4,94	-
Kolencentrale	2,38	-
STEG	4,94	-
WKO	Elektriciteitsprijs/3,5	SPF 3,5

¹⁴ Inclusief gelijktijdigheidsfactor.

Tabel 25 - Bijstookfactor warmtebronnen

Schil	Bijstook (%)	Rendement bijstook
A+	10,0%	0,9
A	12,5%	0,9
B	15,0%	0,9
C	17,5%	0,9
D	20,0%	0,9
E	22,5%	0,9
F	25,0%	0,9
G	27,50%	0,9

Voor warmtelevering met een warmtenet wordt een leidingverlies aangehouden van 15%.
De gelijktijdigheidsfactor voor de aansluitingen op het warmtenet wordt verondersteld op 50%.

Tabel 26 Inputwaarde warmtenet

Type gebouw	Aansluitkosten	Aansluitwaarde
Gestapelde woning	€ 8.000	7,5 kW
Grondgebonden woning	€ 12.000	9,0 kW
Utiliteit	150 €/kW	0,5 kW/m ²

Tabel 27 Belastingtarieven 2017

Onderdeel	Woningen	Utiliteit
BTW	21%	21%
Opslag duurzame energie gas	1,59 €/ct/m ³	1,59 €/ct/m ³
Opslag duurzame energie elektriciteit	0,74 €/ct/kWh	0,58 €/ct/kWh
Energiebelasting gas	25,2 €/ct/m ³	25,2 €/ct/m ³
Energiebelasting elektriciteit	10,13 €/ct/kWh	3,63 €/ct/kWh
Belastingvermindering	€ 308,54	€ 0

D Socialisering van netkosten warmte

Als besproken in hoofdstuk 2 zouden de hoge kosten voor warmte-infrastructuur bij doorberekening (hoge vaste lasten) ervaren worden als een groot nadeel en een belemmering vormen voor de overstap naar een warmtenet op vrijwillige basis¹⁵. Een aangrijpingspunt om deze kosten per woning te beperken ligt in het domein van socialisering van de kosten van infrastructuur zoals ook wordt toegepast voor andere netwerkinfrastructuren, een voorstel dat ook opgang gemaakt heeft in de recente discussies over de warmtetransitie (zie bijvoorbeeld (PBL, 2017)). Met socialiseren bedoelen we in dit verband de situatie dat niet elke individuele afnemer betaalt op basis van de kosten van het warmtenet waarop hij is aangesloten maar op basis van gemiddelde netkosten van een grotere groep net-gebruikers.

Hierbij zijn verschillende modellen denkbaar, die betrekking hebben op;

1. Verschillende elementen van de infrastructuur (grootschalig, kleinschalig of beide warmte-transportnetten, warmtedistributienetten, installatie achter de meter, alle Nederlandse infrastructuur voor warmte - oud, nieuw, of beide).
2. Verschillende afnemersgroepen (warmteafnemers op lokaal net, warmteafnemer in NL, alle huishoudens in NL).

Verder dient daarbij rekening gehouden te worden met het feit dat de eventuele kostenreductie voor de warmteafnemer mogelijk leidt tot toename in verschillen in totale kosten tussen de verschillende eindgebruiker categorieën en daarmee de problematiek rond verschillen in totale kosten versterkt.

In deze verkenning kijken we in de eerste plaats naar warmtenetten in bredere context door de gevolgen van een tweetal scenario's voor socialisering van de kosten van warmtenetten te beschouwen, gevolgd door een derde serie scenariovarianten waarbij de aandacht uit zal gaan naar socialisering van netkosten voor verschillende categorieën van warmtenetten.

- Het eerste scenario gaat om socialisering van netkosten van alle warmtenetten over alle warmteklanten in Nederland. Zo kan de spreiding in kosten voor warmtenetten sterk worden gereduceerd wat voor een deel van de woningen waarbij dit de kostenefficiënte oplossingen is kan bijdragen aan reductie van de vaste lasten en de businesscase van de complexere situaties kan verbeteren.
- Het tweede scenario is een extreem scenario waarbij alle infrastructurele kosten voor verwarming van woningen worden gesocialiseerd. Dit uiterste scenario werpt licht op de complexiteit die ontstaat bij deze ogenschijnlijk eenduidige en eenvoudige oplossingsrichting.
- Het derde scenario betreft een scenario voor socialisering van de meerkosten van transport-infrastructuur van grootschalige warmtenetten, met een tweetal varianten voor de toewijzing van deze kosten. In het eerste geval gaat het om toewijzing aan alle warmte gebruikers en in het tweede geval aan alle woningen. Met het ontwerp van de scenario's wordt beoogd een breed kader te bieden om de gevolgen van verschillende keuzen in socialisering van kosten van warmtenetten te schetsen.

Ten behoeve van deze analyse onderscheiden we lagetemperatuur- en hogetemperatuur-warmtelevering, zoals besproken in Bijlage B.3.

De scenario's zijn gebaseerd op recente voorstellen om de bestaande financiële belemmeringen voor de ontwikkeling van warmtenetten weg te nemen door socialisering van (een deel van) deze kosten. Daarmee worden de volgende scenario's tegen het licht gehouden:

¹⁵ Bij warmte zijn op dit moment overigens niet de kosten voor de eindverbruiker het probleem (dat is nl. afgedekt door de gasreferentie tarifiering) maar zijn dat de aansluitkosten die de woningeigenaar moet betalen als sluitstuk voor het rendabel krijgen van het project.

0. **Referentie**; alle warmtenetkosten worden toegerekend aan de kostenveroorzaker, netkosten voor gas en elektriciteit worden gesocialiseerd conform huidige inrichting met uitzondering van de netverzwaring voor warmtevoorziening (t.b.v. warmtepompen voor het all electric-concept).
1. **Solidair warmtenet** - als referentie, maar alle netkosten van alle warmtenetten worden verdeeld over alle warmteklanten.
2. **Sociale warmtevoorziening** - Als referentie, maar alle infrastructuurkosten voor verwarming van de woningen worden gesocialiseerd: Alle huishoudens hebben een energieaansluiting tegen gelijke tarieven. De kosten van warmtenetten, groengasnetten en extra kosten voor all electric worden gesocialiseerd, waarbij elk huishouden een elektriciteitsaansluiting en een aansluiting op één van de andere infrastructuren (waarbij netverzwaring elektriciteit als een extra infrastructuur wordt gezien) heeft.¹⁶
3. **Warmtetransport grootschalige netten** - Als referentie, maar nu worden grootschalige warmte-infrastructuur(transport)kosten onderscheiden en toegerekend aan de kostenveroorzaker warmteafnemers van grootschalige warmtenetten), met als varianten toerekening van deze kosten aan:
 - a aan alle warmteafnemers;
 - b aan alle woningen.

In de navolgende paragrafen worden de effecten van deze scenario's verder uitgewerkt voor de eindsituatie zodat de gevolgen en de houdbaarheid van de methodiek op lange termijn in beeld komt. Daarbij wordt uitgegaan van het eindbeeld van kostenefficiënte invulling van een klimaatneutrale warmtevoorziening als geschetst in (CE Delft, 2017).

D.1 Directe effecten van socialisering van netkosten warmte

De directe effecten van de vereffeningsscenario's worden in deze paragraaf kwantitatief uitgewerkt in achtereenvolgens de veranderende distributiekosten toedeling en bijbehorende welvaartseffecten, de gevolgen voor totale energiekosten per woning en tot slot worden de gevolgen voor de verschillende belanghebbende partijen kwalitatief besproken.

Distributiekosten toedeling en welvaartseffecten

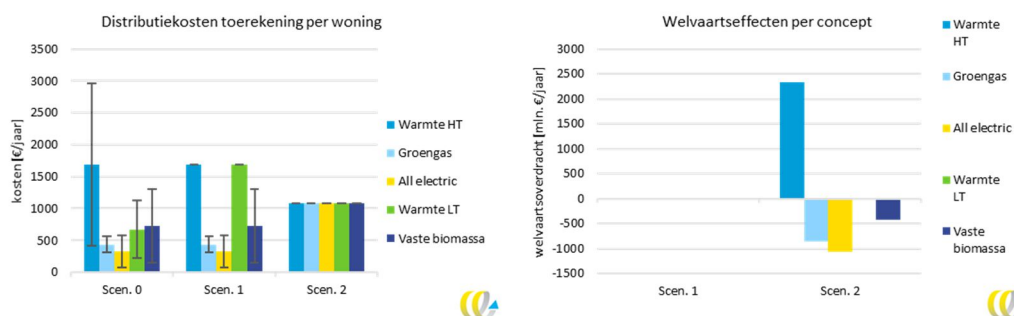
De directe gevolgen van de verschillende scenario's voor socialisering van (delen van) warmtenet-kosten liggen in de verandering in toerekening van de distributiekosten aan woningen. In de *referentie* worden deze kosten toegerekend aan de kostenveroorzaker, maar in het *solidair warmtenet* scenario (Scenario 1) worden deze kosten verdeeld over de verschillende warmteafnemers in Nederland. In het scenario *sociale warmtevoorziening* (Scenario 2) worden zelfs alle infrastructuurkosten voor warmtevoorziening verdeeld over alle woningen. In Figuur 28 worden de gevolgen voor de verschillen in toerekening op de kosten voor distributie per woning en welvaartsoverdracht per concept weergegeven voor de referentie en de eerste twee scenario's, inclusief de bandbreedte op basis van de standaard deviaties.

In geval van toerekening op basis van kostenveroorzaking valt de kostenstructuur te herkennen die ook in Figuur 2 en Figuur 3 al terug te vinden zijn; deze kosten zijn met bijna € 1.700 per jaar veruit het hoogst voor de grootste categorie van buurten, de buurten waar warmte HT de meest kosten-efficiënte invulling van een klimaatneutrale warmtevoorziening is. Voor biomassa en warmte LT volgen met respectievelijk € 720 per jaar en € 670 per jaar veel bescheidener kosten voor distributie, die echter nog altijd significant hoger liggen dan de huidige distributiekosten voor elektriciteit en gas van ongeveer € 400 per jaar. De laagste distributiekosten per woning zijn bij toerekening op basis van kostenveroorzaking voor de groengas en all electric-concepten, met respectievelijk € 436 per jaar

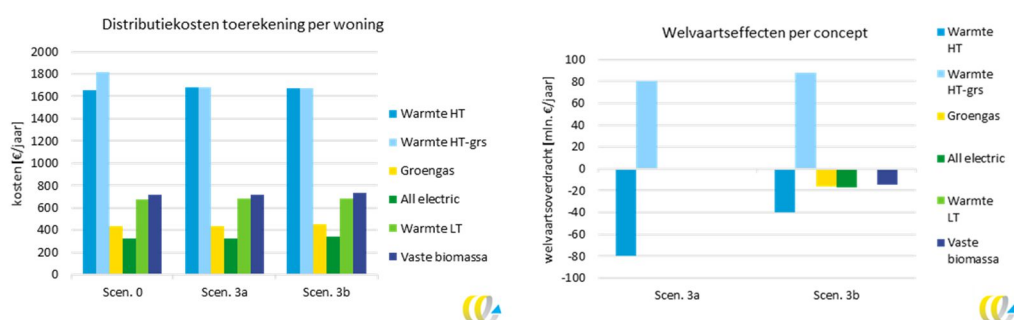
¹⁶ Daarbij zij opgemerkt dat de huidige Europese regelgeving voor tarifiering in elektriciteit en gas een dergelijk vereffenings-scenario niet toestaat. De bestaande tarieven dienen een afspiegeling te zijn van de werkelijke kosten voor zover deze overeenkomen met een vergelijkbare netbeheerder (zie bijv. EU Verordening 715/2009, art. 13, lid 1).

(vergelijkbaar met de huidige distributiekosten) en € 325 per jaar. De kosten voor het all electric-concept komen zelfs lager uit dan de huidige netwerkkosten omdat hier geen gasaansluiting bij nodig is, wel netverzwaring.

Figuur 28 - Distributiekosten toerekening per woning (links) en welvaartseffecten per concept (rechts) voor kostenefficiënte invulling van de warmtevoorziening in 2025 voor de referentie, Scenario 1 en Scenario 2.



Figuur 29 - Distributiekosten toerekening per woning (links) en welvaartseffecten per concept (rechts) voor kostenefficiënte invulling van de warmtevoorziening in 2025 voor de referentie, Scenario 3a en Scenario 3b.



Bij toerekening van de warmtenetkosten aan alle warmteafnemers in *solidair warmtenet* (Scenario 1) worden vooral kosten van warmte HT afnemers overgeheveld aan warmte LT afnemers. Aangezien de warmte HT categorie veel groter is dan warmte LT leveren de warmte LT afnemers en forse extra bijdrage, die leidt tot zeer bescheiden verlaging van de kosten van warmte HT. De jaarlijkse distributiekosten voor warmte HT veranderen dan ook nauwelijks, terwijl die van warmte LT op gelijke hoogte komen als die van warmte HT. De bandbreedte voor warmte HT en warmte LT wordt teruggebracht tot nul, aangezien alle warmteafnemers nu eenzelfde tarief betalen. De totale welvaartseffecten voor dit scenario zijn met een overdracht van € 4 mln. per jaar beperkt en nauwelijks zichtbaar in de figuur.

Bij volledige vereffening van alle energie-infrastructuur kosten over alle woningen in *sociale warmtevoorziening* (Scenario 2) worden de distributiekosten voor alle categorieën gelijk getrokken tot een niveau van 1.074 €/jaar. De kosten voor warmte HT komen daarmee ongeveer 36% lager uit dan bij toerekening op basis van kostenveroorzaking. Voor vaste biomassa en warmte LT liggen de kosten in dit scenario respectievelijk 49% en 64% hoger, terwijl de kosten voor groengas en all electric respectievelijk zelfs 146% en 231% hoger uitvallen. De bandbreedte voor alle concepten wordt teruggebracht tot nul, aangezien voor alle woningen eenzelfde tarief betaald wordt. In dit scenario dragen alle categorieën dus zeer fors bij aan de opgave om warmtenetten te ontwikkelen voor de

helft van de Nederlandse warmtevoorziening. De totale welvaartseffecten voor dit scenario zijn dan ook zeer groot met een overdracht van € 2,3 mld. per jaar aan warmte HT, ruwweg 30% van de totale distributiekosten voor HT warmtenetten.

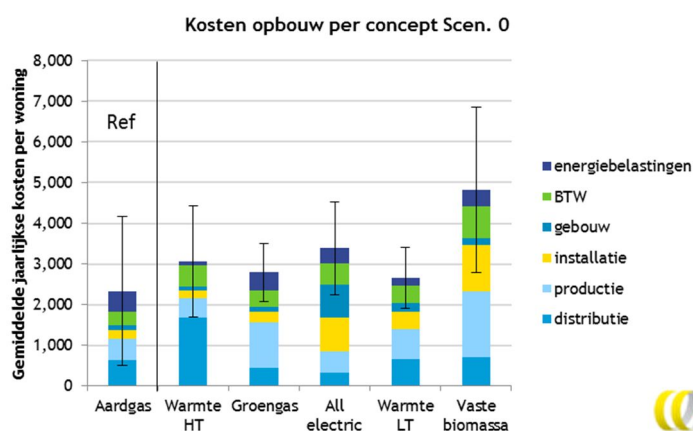
In de scenariovarianten *warmtetransport grootschalige netten*, tot slot, worden transportkosten voor grootschalige warmte-infrastructuur onderscheiden en toegerekend aan respectievelijk alle warmtegebruikers (Scenario 3a) en alle huishoudens in Nederland (Scenario 3b). In Figuur 29 worden de gevolgen voor de verschillen in toerekening op de kosten voor distributie per woning en welvaarts-overdracht per concept weergegeven voor de laatste scenariovarianten (Scenario 3a en 3b) deze scenario's. De bandbreedte op basis van de standaard deviaties is in dit geval achterwege gelaten, aangezien die voor geen van de concepten significant veranderd; alleen de transportkosten voor grootschalige netten worden herverdeeld.

De varianten voor vereffening van alle de transportkosten in het scenario *warmtetransport grootschalige netten* voor grootschalige warmte-infrastructuur (Scenario 3a en 3b) heeft beduidend minder sterke effecten. Uit de aangepaste indeling van de referentie (Scenario 0) blijkt dat de distributie kosten met gemiddeld 1.821 €/jaar iets hoger liggen voor woningen die zijn aangesloten op grootschalige warmtenetten (de categorie warmte HT-grs), vanwege de grootschalige warmtetransportinfrastructuur. In de berekeningen is aangenomen dat dergelijke netten worden ontwikkeld in Zuidholland en de MRA-regio en transportkosten 20% uitmaken van de totale transport en distributiekosten. Bij herverdeling van deze kosten over alle warmtegebruikers (Scenario 3a), worden de meerkosten van deze transportkosten herverdeeld over warmte HT en warmte LT. Resultaat is dat de distributiekosten voor de twee warmte HT categorieën gelijk worden getrokken tot een niveau van 1.683 €/jaar en voor warmte LT 685 €/jaar. Daarmee dragen kleinschaliger warmte HT en warmte LT enkele tientjes per jaar bij om de grootschalige transportkosten te dekken. De totale welvaarts-effecten voor dit scenario belopen een overdracht van ongeveer € 80 mln. per jaar, een overdracht van warmte HT en warmte LT aan warmte HT-grs. In geval deze kosten worden herverdeeld over alle woningen in Nederland (Scenario 3b) worden de meerkosten verder herverdeeld en nemen de kosten per woning ongeveer een € 12 toe. De totale welvaartseffecten voor dit scenario belopen dezelfde overdracht van ongeveer € 80 mln. per jaar, maar worden niet meer allen door warmte HT en warmte LT opgebracht, maar ook door de overige categorieën gedragen.

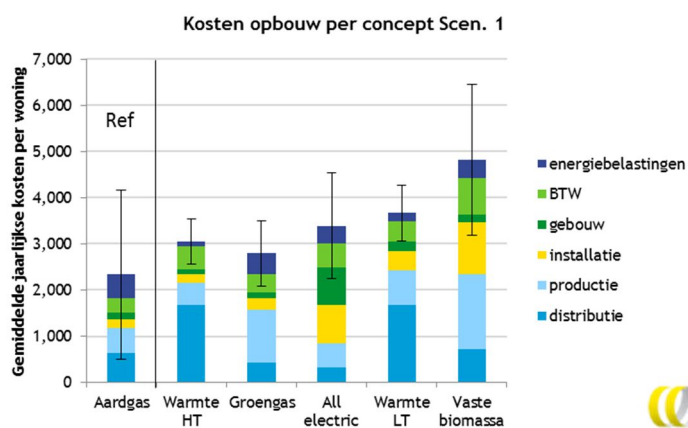
Gevolgen voor totale energiekosten per woning

Vereffening in distributiekosten zal ook leiden tot verschuivingen in het totale kostenbeeld voor de verschillende concepten evenals in de bandbreedten daarvan. In Figuur 30 en Figuur 31 worden deze kostenplaatjes voor de referentie, en respectievelijk de eerste twee vereffeningsscenario's en de laatste twee scenariovarianten, weergegeven en besproken.

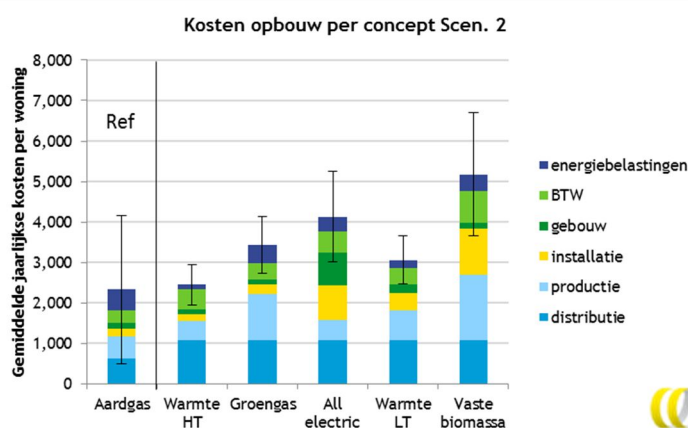
Figuur 30 - Verschuivingen in kostenopbouw per concept voor de distributiekosten toerekening scenario's Scenario 1 en Scenario 2.



Scen. 0: De kostenopbouw per concept is in de referentie vergelijkbaar met toerekening op basis van kostenveroorzaking (zie ook Figuur 5), afgezien van socialisering van gas- en elektriciteitsnetten die in de referentie verondersteld wordt.

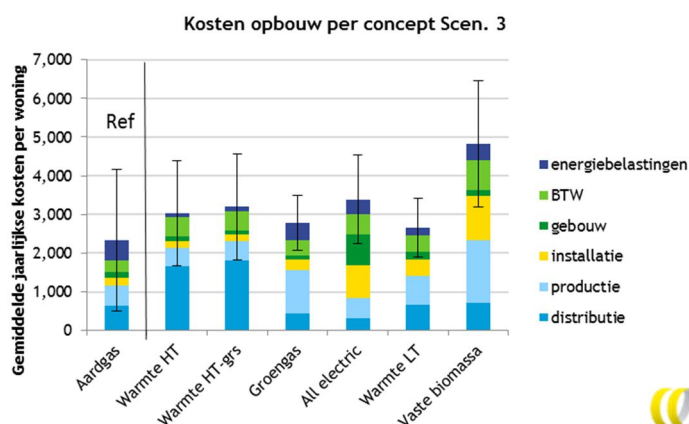


Scen. 1: Verschuiving van de kostenopbouw voor het scenario solidair warmtenet ten opzichte van de referentie beperken zich tot warmte HT en warmte LT. De distributiekosten voor warmte LT worden nu even hoog als die van warmte HT, waarmee de totale kosten voor warmte LT ook boven die van warmte HT uitstijgen tot ruim € 3.669 per jaar. De spreiding in kosten voor warmte HT neemt sterk af, daar invoering van een enkelvoudig tarief voor distributie.

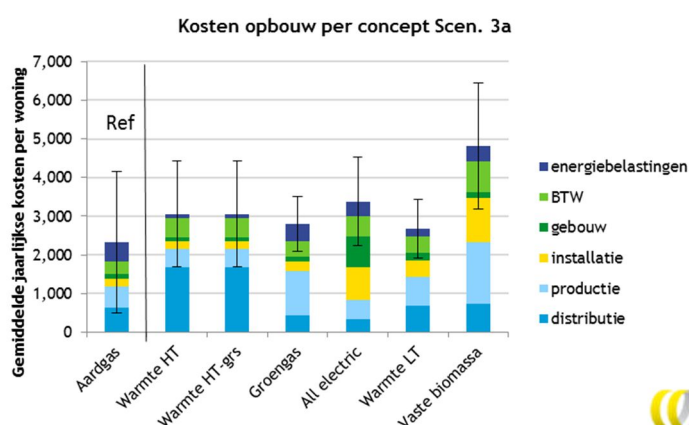


Scen. 2: Verschuiving van de kostenopbouw voor het scenario sociale warmtevoorziening ten opzichte van de referentie zijn terug te vinden in de vlakke distributiekosten op € 1.072 per jaar voor alle concepten. Daarmee dalen de totale kosten van de warmte HT, maar stijgen de totale kosten van alle overige opties. De spreiding tussen de opties neemt daarmee toe. De spreiding binnen warmte HT neemt sterk af, daar invoering van een enkelvoudig tarief voor distributie.

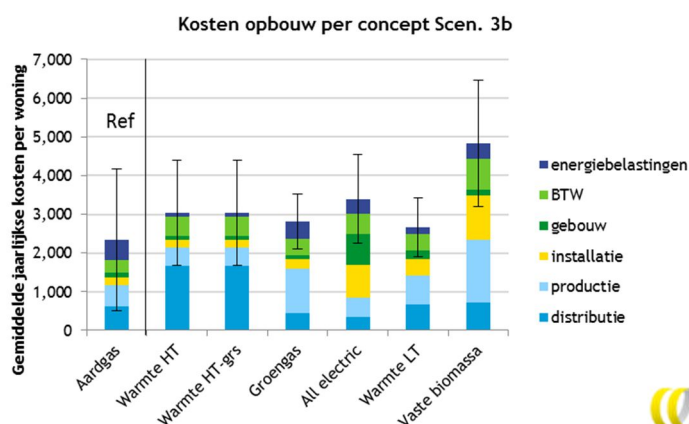
Figuur 31 - Verschuivingen in kostenopbouw per concept voor de distributiekosten toerekening scenariovarianten Scenario 3a en Scenario 3b.



Scen. 3: De kostenopbouw per concept is in de referentie met aanvullend onderscheid van de categorie warmte HT-grs, i.e. grootschalige warmtenetten. Dit is de referentie voor scenariovarianten warmtetransport grootschalige netten. De distributiekosten in deze categorie zijn 20% hoger verondersteld i.v.m. de grootschalige transport infrastructuur.



Scen. 3a: Verschuiving van de kostenopbouw voor toewijzing van transportkosten aan alle warmteafnemers ten opzichte van de referentie beperken zich tot warmte HT, warmte HT-grs en warmte LT. De distributiekosten en totale kosten voor de beide warmte HT categorieën worden vrijwel gelijk. Distributiekosten en totale kosten voor warmte LT nemen met enkele tientjes toe. De kostenbandbreedte voor de drie categorieën blijft vrijwel gelijk.



Scen. 3b: Verschuiving van de kostenopbouw voor de variant met toewijzing van transportkosten aan alle huishoudens ten opzichte van de referentie laten beperkte kostenstijging voor alle woningen zien en daling van warmte HT-grs. De kostenbandbreedten blijven vrijwel gelijk.

Samenvattend kan gesteld worden dat socialisering van warmtenetkosten aan alle warmteafnemers in *solidair warmtenet* (Scenario 1) nauwelijks invloed heeft op de gemiddelde totale kosten voor warmte HT, terwijl de totale kosten voor warmte LT sterk toenemen. Wel nemen de bandbreedten voor de

totale kosten van beide categorieën sterk af. In geval van socialisering van alle warmte infrastructuur-kosten voor alle huishoudens in *sociale warmtevoorziening* (Scenario 2) dalen de gemiddelde totale kosten voor warmte HT sterk, maar nemen de totale kosten voor de overige categorieën sterk toe. De verschillen in totale kosten voor de verschillende categorieën neemt toe onder dit scenario. Ook in dit geval nemen de bandbreedten voor de totale kosten van de beide warmte categorieën wel sterk af.

Vereffening van de kosten van transport in grootschalige warmtenetten over alle warmteafnemers in *warmtetransport grootschalige netten* (Scenario 3a) heeft relatief beperkte invloed op de kostenplaatjes, maar brengt de totale kosten voor warmte HT-grs op gelijke hoogte als de totale kosten voor warmte HT. De totale kosten voor warmte LT nemen licht toe. De bandbreedten voor de verschillende warmte categorieën wijzigen nauwelijks in dit scenario. Vereffening van de kosten van transport in grootschalige warmtenetten over alle woningen in *warmtetransport grootschalige netten* (Scenario 3b) heeft eveneens beperkte invloed op de kostenplaatjes. Het beeld is vergelijkbaar met het beeld uit de andere variant, zij het dat in dit geval ook de overige categorieën een bescheiden bijdrage van een tientje leveren aan de kosten van transport in grootschalige warmtenetten.

D.2 Gevolgen voor de belanghebbenden

Kostentoerekening in warmtevoorziening kent verschillende belanghebbenden. In deze bespreking onderscheiden we in de eerste plaats de woningeigenaar en huurder. Beide worden beïnvloed door de toerekening van de verwarmingskosten, maar in verschillende mate. Een tweede belangrijke speler in de warmtevoorziening is het netbeheerder/warmteleverancier. Waar netbedrijven in gas en elektriciteit in het gereguleerde domein vallen en geen leveringsactiviteiten mogen ondernemen, geldt dat niet voor warmte; in dat geval zijn zowel net- als leveringsactiviteiten gereguleerd, en in de praktijk gaat het ook om een geïntegreerd bedrijf. Tot slot komen ook de energiebedrijven kort aan bod, als belanghebbende in levering van elektriciteit en groengas.

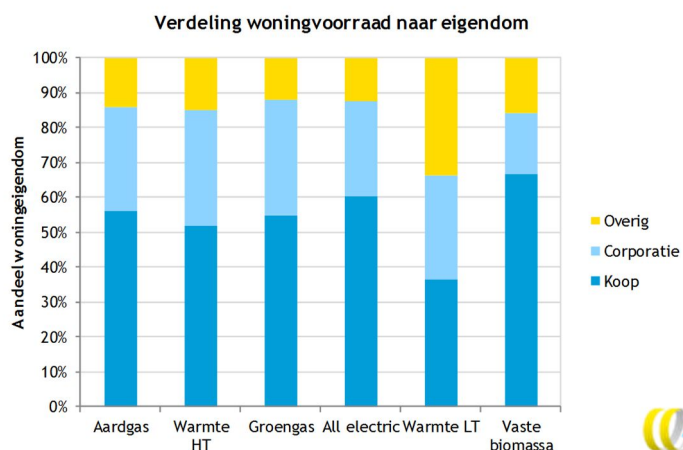
Woningeigenaar en huurder

Voor de woningeigenaar/bewoner pakt kostentoedeling anders uit dan voor de huurders. In geval van een bewoner die de woning in eigendom heeft, komen in principe alle kostencomponenten van warmtevoorziening direct voor eigen rekening (zij het dat netkosten in gas en elektriciteit gesocialiseerd worden). In geval van huur wordt de huurder gewoonlijk de variabele energiekosten (i.e. kosten van distributie, productie en bijbehorende overheidsheffingen) doorberekend door de verhuurder, of door het energiebedrijf in rekening gebracht. De kosten van installatie en gebouw-aanpassingen daarentegen worden indirect doorberekend, in de sociale huursector bijv. op basis van huurpunten. Deze puntentelling vormt de basis voor de vaststelling. Een verhuurder van een sociale huurwoning die voor verbetering van de woning zorgt die tot uitdrukking komt in deze huurpunten mag dus ook hogere huur in rekening brengen. Daarmee kan de verhuurder dus op indirecte wijze deze kosten doorberekenen. Anderzijds is de huurder weer beperkt in zijn mogelijkheden een oplopende energierekening te beperken door maatregelen te nemen in de vorm van aanpassing van installatie of isolatie.

Het feit dat kosten en baten in de huursector neerslaan bij verschillende spelers (split incentive) wordt al lang erkend als een belangrijke weerstand voor woningverbetering door energiebesparingsmaatregelen in de huursector. Juist in geval van buurten waar klimaatneutrale warmtevoorziening vraagt om investeringen in installatie en isolatie (i.e. het all electric-concept, het warmte LT-concept en biomassa) kan dit deze belemmering een rol gaan spelen. Het belang van deze belemmering wordt verder duidelijk als ook de verdeling van woningen over de verschillende warmte categorieën uit voorgaande hoofdstukken in beeld wordt gebracht. In Figuur 32 wordt de verdeling naar koopwoningen, corporatiewoningen en overige woningen (met name particulier verhuurde woningen) weergegeven. Anno 2017 gaat het daarbij ruwweg om zo'n 55% koopwoningen, zo'n 30%

corporatiewoningen en tot slot ongeveer 15% particulier verhuur, i.e. de vrije huursector. Deze verdeling vinden we ook ruwweg terug in de verdelingen van de verschillende categorieën van kostenefficiënte klimaatneutrale warmtevoorziening. Alleen in buurten waar warmte LT als meest kostenefficiënte oplossing uit de berekeningen komt, lijkt een relatief groot segment huur voor te komen.

Figuur 32 - Verdeling van woningvoorraad naar eigendom



Kijkend naar de scenario's voor vereffening, zullen de meeste scenario's leiden tot herverdeling van distributiekosten voor warmte HT, warmte HT-grs en warmte LT. Deze kosten komen normaal gesproken voor rekening van een bewoner die de woning in eigendom heeft en in geval van huur voor rekening van de huurder. In het *solidair warmtenet* scenario (Scenario 1) worden deze kosten verdeeld over de verschillende warmteafnemers in Nederland, en lopen in feite enkel de distributiekosten voor warmte LT zeer sterk op. Aangezien er geen mogelijkheden zijn deze vaste kosten te beïnvloeden (door bijv. gedrag of isolatie), zou zowel een bewoner die de woning in eigendom heeft als een huurder dus niets resten dan een kostenverhoging. In geval van eigendom kan echter wel overgestapt worden naar een ander concept, wat voor de huurder natuurlijk een ander verhaal is.

In geval van het scenario *sociale warmtevoorziening* (Scenario 2) worden alle infrastructuurkosten voor warmtevoorziening gelijkmatig verdeeld over alle woningen. Ook in deze situatie lopen voor verschillende categorieën de distributiekosten sterk tot zeer sterk op en kan de bewoner (eigenaar of huurder) daar in feite weinig aan veranderen. Woningeigenaren kunnen ook in dit geval overstappen naar andere concepten. Voor warmte HT zullen deze kosten overigens natuurlijk juist sterk dalen en wordt deelname aan warmtenetten veel aantrekkelijker. Voor de laatste scenariovarianten geldt een vergelijkbare situatie; vaste lasten in distributiekosten kunnen niet door gedrag of aanpassing worden beïnvloed.

Dit gegeven zal niet bijdragen aan de bereidwilligheid in koop- of huursegment om geconfronteerd te worden met een kostenverhoging die met name bedoeld is om collectieve voorzieningen te financieren waar zij zelf geen gebruik van maken. In die zin lijkt vereffening over de grenzen van de verschillende warmte concepten heen niet te kunnen rekenen op veel draagvlak. Binnen het segment van warmte HT enerzijds en wellicht warmte LT anderzijds is lijkt het perspectief op toepassing van vereffening kansrijker.

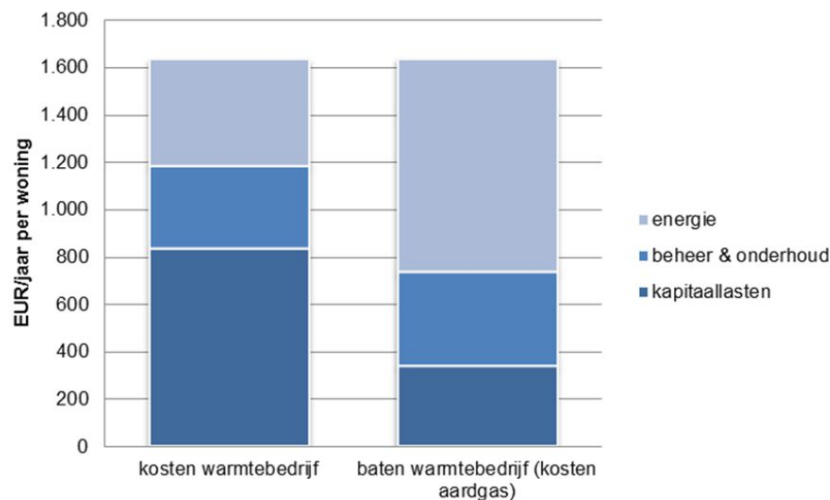
Netbedrijven en warmteleveranciers

De activiteiten van netbedrijven en warmteleveranciers zijn ondergebracht in het gereguleerde domein omdat de netwerken een natuurlijk monopolie vormen. Netbedrijven dragen de verantwoordelijkheid voor netbeheer en berekenen de netgebruikers de kosten door via gereguleerde tarieven. In de bestaande nettarieven voor gas en elektriciteit van netkosten wordt vereffening via socialisering toegepast zoals ook al kort besproken in Paragraaf 3.1. Mits er prikkels tot efficiënt netgebruik zijn ingebouwd (en kostenveroorzaking dus gereflecteerd wordt), is voor netbedrijven niet zozeer de toepassing van vereffening van belang, maar vooral de wijze waarop dit gedaan wordt.

Doelstelling van tariefregulering is gewoonlijk zowel consumenten bescherming als bewerkstelling van efficiënt netbeheer. Bij tariefregulering kunnen op hoofdlijnen twee systemen onderscheiden worden, namelijk regulering op basis van een price/revenue cap of regulering op basis van cost-plus (redelijke kosten). De eerste methodiek impliceert een maximum tariefstelling die na afloop van elke reguleringsperiode opnieuw wordt vastgesteld, bijvoorbeeld aan de hand van maatstafregulering (vergelijking met andere netbedrijven) of een modelmatige benadering. Price cap regulering leidt gewoonlijk tot hogere efficiëntie, maar dat kan ten koste gaan van de kwaliteit van netbeheer. Gewoonlijk worden er bij dit type regulering dan ook aanvullende prestatie indicatoren gehanteerd. De tweede methodiek komt neer op doorberekening van kosten en een redelijk rendement voor de netbeheerder in het nettariaf. Volgens de huidige inzichten ontbeert dit mechanisme prikkels voor efficiënt netbeheer en kan het leiden tot overkapitalisatie en overinvesteringen (het zogenaamde Averch/Johnson Effect). Voor netbeheerder impliceert de eerste methode gewoonlijk een hoger risico, dan de tweede.

In Nederland wordt voor regionaal netbeheer price/revenue cap regulering toegepast voor zowel gas als elektriciteit en alleen in geval van warmte meer specifiek price cap regulering. In geval van gas en elektriciteit gaat bovendien alleen om de kosten voor netbeheer. In geval van warmte echter, vallen zowel net- als leveringskosten in het gereguleerde domein. In dit geval wordt een externe benchmark voor price cap regulering toegepast in de vorm van het NMDA-principe; dit principe houdt in dat een gemiddelde warmteafnemer niet meer betaalt dan wat een gemiddelde gasafnemer zou betalen. Daarmee ontstaat een knelpunt voor leveranciers; het huidige NMDA-maximumtarief ertoe kan leiden dat bepaalde warmte-initiatieven niet van de grond komen of niet gecontinueerd kunnen worden doordat de rentabiliteit te laag is in verhouding tot de gelopen risico's (zie ook (Ecorys, 2016)). Zo leiden verschillen in kostenstructuur voor gas en warmte tot ongedekte risico's voor de warmteleverancier. Bij gas heeft men te maken met relatief hoge variabele kosten en relatief lage vaste kosten en bij warmte is dit juist andersom (zie ook Figuur 33). De inkomsten van warmteprojecten zijn dus direct en in grote mate afhankelijk van de veranderingen in de (variabele) tariefcomponenten van warmte, terwijl de kosten juist in belangrijke vastgelegd zijn door de hoge kapitaalslasten. Dit fenomeen zal de nodige gevolgen hebben voor de businesscase van warmteprojecten; die worden door dit reguleringskader riskanter dan bijv. het geval is in gas en elektriciteit.

Figuur 33 - Kosten en de opbrengsten van een warmtebedrijf per woning



Bron: (Ecorys, 2016).

Uit voorgaande ontstaat een beeld dat voor netbedrijven/warmteleveranciers vooral de financiële risico's waaraan deze bedrijven worden blootgesteld door het reguleringskader van belang zullen zijn (naast de reguleringsrisico's). De verschillende scenario's voor vereffening staan in feite los van deze kaders; het gaat in de scenario's met name om vereffening in de doorberekening van de kapitaallasten. Indien die doorberekening kunnen worden beperkt, zoals in gas en elektriciteit, dan maakt het in feite niet uit hoe deze doorberekening verdeeld wordt.¹⁷

Daarbij wordt wel gestreefd naar een verdedigbare herverdeling in de vorm van cascadebeginsel; een toedeling van totale kosten aan verschillende netvlakken op basis van de volumestromen. Wel heeft de netbeheerder/warmteleverancier belang bij een stabiel stelsel en dus een gedragen toerekening op basis van rechtvaardige geachte vereffening. Daarbij kan opgemerkt worden dat een warmteleverancier vandaag de dag in zekere zin al via de interne boekhouding vereffening toepast over een portfolio van verschillende warmteprojecten. Bij een stelselverandering zal natuurlijk wel centraal staan wat de gevolgen zijn voor de rentabiliteit van de bestaande warmteprojecten.

Energieleveranciers

Voor de klassieke energieleveranciers, i.e. leveranciers van gas en elektriciteit, zullen de veranderende omstandigheden en met name de sterke terugloop in ingezette gasvolumes in de warmtevoorziening grote gevolgen hebben. In de geschetste kostenefficiënte invulling van de klimaatneutrale warmtevoorziening liggen er vooral kansen in warmtelevering als het gaat om marktaandeel. In het geschetste toekomstperspectief vraagt de klimaatneutrale warmtevoorziening dus vooral om toenemende activiteit in het domein van warmtelevering als besproken in voorgaande paragraaf.

Voor de klassieke activiteit in warmtelevering voor kleinverbruik kunnen de verschillende vereffeningsscenario's de nodige gevolgen hebben als er vereffening plaatsheeft over verschillende verwarmingsconcepten. Zeker in geval van overheveling van lasten van warmte HT naar andere warmteconcepten, zoals met name in Scenario 2, zal dit in sommige gevallen de warmteconcepten

¹⁷ Wel zijn er volumerisico's voor de regionale netbeheerder, en is efficiënt netgebruik van belang. Transporttarieven zijn dan ook ontworpen om aan te zetten tot beperking van de piekbelasting.

waar de energieleveranciers actief in zijn minder aantrekkelijk worden. Vanuit de klassieke activiteit van de energieleverancier in gas en elektriciteit is dat dus geen aantrekkelijke stelselwijzing.

D.3 Rechtvaardigheidsperspectief op de vereffeningsopties

In deze paragraaf zijn de gevolgen van toepassing van de verschillende vereffeningsscenario's uitgewerkt in achtereenvolgens de veranderende distributiekosten toedeling en bijbehorende welvaartseffecten, de gevolgen voor totale energiekosten per woning en tot slot worden de gevolgen voor de verschillende belanghebbende partijen. Daarmee kunnen, als afsluitende stap, de gevolgen van invoering tegen het licht gehouden worden vanuit het rechtvaardigheidsperspectief dat in Paragraaf 3.3 is neergelegd als minimale vereiste aan een vereffeningsregeling om op voldoende draagvlak te kunnen rekenen. Daartoe wordt in Tabel 28 een overzicht geboden van de verschillende vereffeningsopties en een korte omschrijving gepresenteerd van de mate waarin deze opties voldoen aan het geschetste afwegingskader voor rechtvaardige vereffening.

In alle gevallen geldt dat het kostenveroorzakingsprincipe tot op zekere hoogte gecompromitteerd wordt door de overheveling van distributiekosten. Daarbij moet echter opgemerkt worden dat hierin een tweetal niveaus te onderscheiden is voor wat betreft de gevolgen. Enerzijds kunnen de vereffeningsmechanismen bijdragen tot een toename van het aantal sluitende businesscases, anderzijds beïnvloeden ze de resultaten van de maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA) niet.

Verder staan de beschouwde vereffeningsmechanismen los van draagkracht; draagkracht speelt geen directe rol in de kostentoewijzing. De daadwerkelijke toewijzing kan wel samenhang met draagkracht vertonen, voor zover de warmte concepten waarover vereffend wordt daar samenhang mee vertoont.

Vanuit het gelijkheidsprincipe bezien bieden de verschillende vereffeningsmechanismen zicht op verbetering van gelijke toegang tegen vergelijkbare vaste lasten. Voor de totale lasten echter is dat niet noodzakelijkerwijs het geval, zeker niet bij het tweede, wat extremere, vereffeningsmechanisme.

Verbreden we, tot slot, de drie beschouwde rechtvaardigheidsprincipes, dan kan gesteld worden dat in het eerste scenario de investeringskostenoverheveling van warmte HT naar warmte LT relatief veel impact beperkte impact heeft op de eerstgenoemde, terwijl de kosten voor een woning aangesloten op warmte LT zeer sterk oplopen. In geval van het tweede scenario leidt de overheveling van investeringskosten tot een zeer forse stijging van de kosten voor all electric en groengas, maar ook de overige warmte-concepten. Zeker tegen de achtergrond van de relatief lagere variabele kosten voor warmte HT, oogt deze overheveling uit verhouding. In geval van de scenariovarianten met betrekking tot transportkosten voor grootschalige warmtenetten mag verwacht worden dat het oplopen van de kosten voor woningen die niet op deze infrastructuur zijn aangesloten als onrechtvaardig gepercipieerd zal worden.

Tabel 28 - Overzicht van de mate waarin de scenario's zich voegen naar drie rechtvaardigheidsprincipes

	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3a	Scenario 3b
Omschrijving	Vereffening van alle netkosten van alle warmtenetten over alle warmteklanten.	Vereffening van alle warmte-infrastructuur kosten over alle woningen.	Vereffening van groot-schalige warmte-infrastructuur kosten (transport) over alle warmtegebruikers.	Vereffening van groot-schalige warmte-infrastructuur kosten (transport) over alle woningen.
Kostenveroorzakingsprincipe	Kostenveroorzaking ligt hier in aanleg van warmte-infrastructuur. Mogelijk ontstaan bij vereffening enkele sluitende businesscases, ondanks een ongunstige kostenstructuur. De MKBA wijzigt echter niet.	Kostenveroorzaking ligt hier in aanleg van warmte-infrastructuur. Mogelijk ontstaan relatief veel sluitende businesscases, ondanks een ongunstige kostenstructuur. De MKBA wijzigt echter niet.	Kostenveroorzaking ligt hier in aanleg van groot-schalige warmte-infrastructuur. Mogelijk ontstaan een of meer sluitende businesscases voor grootschalige transportnetten, ondanks een ongunstige kostenstructuur. De MKBA wijzigt echter niet.	Kostenveroorzaking ligt hier in aanleg van groot-schalige warmte-infrastructuur. Mogelijk ontstaan een of meer sluitende businesscases voor grootschalige transportnetten, ondanks een ongunstige kostenstructuur. De MKBA wijzigt echter niet.
Draagkrachtsprincipe	In dit geval worden investeringskosten overgeheveld binnen warmte HT en naar warmte LT. Gegeven de buurtkarakteristiek waarin de beide technieken naar verwachting als kosten effectieve oplossing resulteren ligt een overheveling van kosten van minder draagkrachtigen naar draagkrachtigen het meest voor de hand, maar het omgekeerde valt niet uit te sluiten.	In dit geval worden investeringskosten overgeheveld binnen alle categorieën. Daarbuiten geldt de overheveling van kosten met name een overheveling van warmte HT naar groengas/all electric. Gegeven de buurtkarakteristiek ligt een overheveling van kosten van minder draagkrachtigen naar draagkrachtigen het meest voor de hand, maar het omgekeerde valt niet uit te sluiten.	In dit geval worden investeringskosten overgeheveld van warmte LT en binnen warmte HT naar grootschalige warmte HT (Zuid-Holland en Regio Amsterdam). Gegeven de buurtkarakteristiek in grote steden kan het hier gaan om overheveling van kosten van minder draagkrachtigen naar draagkrachtigen, maar het omgekeerde valt niet uit te sluiten.	In dit geval worden investeringskosten overgeheveld vanuit alle categorieën naar grootschalige warmte HT (bijv. regio Den Haag en Regio Amsterdam). Gegeven de buurtkarakteristiek in grote steden zal het hier vermoedelijk gaan om overheveling van kosten van minder draagkrachtigen naar draagkrachtigen.
Gelijkheidsprincipe	Dit zal sterk bijdragen aan een gelijke verdeling van de kosten voor infrastructuur binnen warmtelevering zoals ook in gas en elektriciteit, zeker als het gaat om de overheveling binnen de categorie warmte HT.	Dat zal bijdragen aan gelijke(re) verdeling van de kosten voor infrastructuur voor warmte, groengas, elektriciteit (netverzwaring) zoals nu in gas en elektriciteit, maar geen gelijkere verdeling van de totale kosten.	Dat zal beperkt bijdragen aan gelijke verdeling van de kosten voor infrastructuur binnen warmtelevering zoals ook in gas en elektriciteit: alleen de kosten van grootschalige infrastructuur worden verdeeld over alle warmtegebruikers. Er is geen verdere invloed op de verdeling van totale kosten.	Dat zal beperkt bijdragen aan gelijke verdeling van de kosten voor infrastructuur binnen warmtelevering zoals ook in gas en elektriciteit: alleen de kosten van grootschalige infrastructuur worden verdeeld over alle woningen. Er is geen verdere invloed op de verdeling van totale kosten.

	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3a	Scenario 3b
Overige rechtvaardigheids-overwegingen	Als het gaat om de overheveling van kosten van warmte HT naar warmte LT moet opgemerkt worden dat de baten voor warmte HT beperkt zijn, terwijl de kosten voor warmte LT (per afnemer) zeer hoog zijn.	De infrastructuur kosten van de warmte HT worden vooral overgeheveld naar all electric en groengas gebruikers. Beide categorieën zouden daarmee tot onevenredig hoge totale kosten veroordeeld worden.	In dit geval gaan niet-aangeslotenen bijdragen aan infrastructuur daar voordeel bij te hebben.	Ook in dit geval gaan niet-aangeslotenen bijdragen aan infrastructuur zonder daar voordeel bij te hebben.

D.4 Conclusies

Kijkend naar het overzicht in de voorgaande paragraaf kan globaal gesteld worden dat de verschillende scenario's voor socialisering van kosten van warmtenetten in de eindsituatie de nodige keerzijden kennen. In geval van het scenario voor vereffening over alle energie-infrastructuur (Scenario 2), springt vooral de grote welvaartsoverdracht in het oog, zodat verwacht mag worden dat een dergelijk mechanisme draagvlak en dus de houdbaarheid zal ontberen. Daarnaast zullen de totale kosten juist onevenwichtiger worden verdeeld. Tot slot staat het huidige Europese reguleringskader niet toe dat tarieven voor gas en elektriciteit sterk afwijken van de onderliggende kosten. In het geval van de verschillende scenario's voor socialisering van grootschalige transportnetten, lijken de effecten juist vrij beperkt. Het mechanisme lijkt daarmee een zwaar instrument voor relatief beperkte impact. Ook in dit geval is het bovendien waarschijnlijk dat een dergelijk mechanisme niet op veel draagvlak kan rekenen.