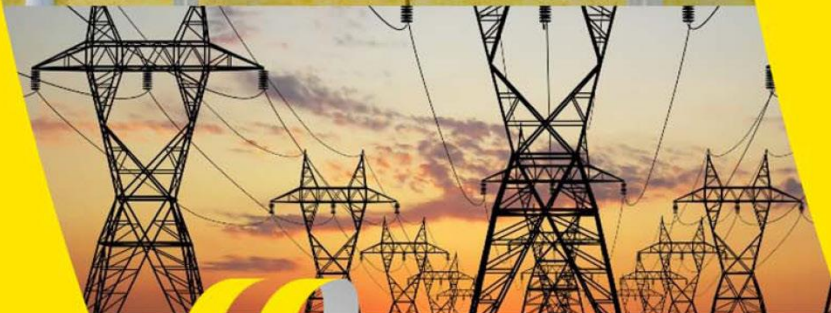




Haarlem zonder aardgas

De mogelijkheden voor een
klimaatneutrale warmtevoorziening



CE Delft

Committed to the Environment

Haarlem zonder aardgas

De mogelijkheden voor een klimaatneutrale warmtevoorziening

Dit rapport is geschreven door:

Cor Leguijt

Benno Schepers

Marijke Schuurbiers

Jaco Blommerde

Delft, CE Delft, december 2016

Publicatienummer: 16.3i67.134

Energievoorziening / Warmte / Stedelijke omgeving / Bestaande bouw / Provincies / Gemeenten /
Beleidsplannen

Opdrachtgever: Provincie Noord-Holland & Gemeente Haarlem.

Alle openbare CE-publicaties zijn verkrijgbaar via www.ce.nl

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij Benno Schepers (CE Delft).

© copyright, CE Delft, Delft

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 35 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.



Voorwoord

Deze rapportage voor de gemeente Haarlem maakt deel uit van het grotere project 'Noord-Holland: warmte in transitie' van de provincie Noord-Holland. Alle gemeenten in de regio krijgen vanuit dat project een eigen rapportage, en er wordt een samengevoegde rapportage voor de regio opgesteld. Hetzelfde geldt voor de andere regio's binnen de provincie. Uiteindelijk - als het proces in alle regio's is afgerond - volgt een overzichtsrapportage voor de Provincie Noord-Holland als geheel.

De verwachting is deze rapportages de informatie en inzichten bevat die nodig is om aan de slag te gaan met de warmtetransitie in elke gemeente, en te komen tot gemeentelijke, regionale en provinciale uitvoeringsprogramma's.

De warmtetransitie van de bestaande bouw staat momenteel sterk in de belangstelling. Een aantal gemeentelijke koplopers is reeds aan de slag om samen met lokale stakeholders daadwerkelijk gebieden aan te wijzen die aardgasvrij zullen worden voor wat betreft de warmtevoorziening, en om vervolgens de realisatie daarvan ook ter hand te nemen. Met andere woorden: de gemeente Haarlem staat hierin niet alleen. We raden aan om zoveel als mogelijk van elkaar te leren, zowel van anderen elders in Nederland, als van andere gemeenten in Noord-Holland, en daar in samenwerking met de provincie ook een structuur voor op te zetten.



Inhoud

	Klimaatneutrale warmtevoorziening	4
1	Inleiding	11
1.1	Doel en opzet van het project	11
1.2	Afbakening	12
1.3	Leeswijzer	12
2	Wie moet wat doen?	13
2.1	Hoe dit hoofdstuk te lezen	13
2.2	Wat voor soort gemeente ben je?	13
2.3	Algemene aanpak, stappenplan	14
2.4	Algemene communicatie	15
2.5	Voor wie alvast aan de slag wil	16
2.6	Wat als de voorkeursoptie collectief is, zoals een warmtenet?	16
3	CEGOIA - beknopte modeluitleg	19
3.1	Buurtniveau als basis	19
3.2	Totale keten-kosten	20
3.3	Van investering naar jaarlijkse kosten	21
3.4	De gebouwde omgeving	21
3.5	Buurtindeling	22
3.6	Restwarmtebronnen en toewijzing	23
3.7	Beschikbaarheid groen gas en toewijzing	24
3.8	Potentie geothermie	24
3.9	Toepasbaarheid van WKO	25
4	Uitkomsten	27
4.1	Eindbeeld: klimaatneutrale warmtevoorziening	27
4.2	Nadere analyse eindbeeld	34
4.3	Kansenkaarten: waar te starten met de warmte-transitie?	35
5	Conclusies en aanbevelingen	39
Bijlage A	Inputwaarden CEGOIA	43
A.1	Basisgegevens van de gemeente	43
A.2	Specifieke gegevens van de gemeente	46
A.3	Andere belangrijke inputgegevens	47
Bijlage B	Variantanalyses	56



Klimaatneutrale warmtevoorziening

Aanleiding

In de Beleidsagenda Energietransitie Noord-Holland zet de provincie Noord-Holland in op het verminderen van de huidige afhankelijkheid van fossiele brandstoffen. De provincie werkt toe naar een volledig duurzame energievoorziening in 2050. Dit is in lijn met de inzet vanuit het Rijk en met de afspraken in het Nationaal energieakkoord voor duurzame groei.

Voor de gebouwde omgeving betekent dit onder andere een transitie in de manier waarop de gebouwen nu worden verwarmd. De grootste energiebehoefte van de gebouwde omgeving is die aan warmte/verwarming en het grootste deel van de nu bestaande gebouwen zal er in 2050 nog steeds staan. Die gebouwen worden nu vrijwel allemaal verwarmd met behulp van aardgas. Dat is een situatie die niet past bij de beoogde duurzame energievoorziening, waarbij geen fossiele CO₂-emissies meer optreden.

Probleemstelling en onderzoeksvraag

Vanwege het bovenstaande ligt de focus in deze rapportage op het klimaatneutraal invullen van de warmtevraag van de bestaande bouw, zowel woningbouw als utiliteitsbouw. Daar waar er klimaatbeleid wordt gemaakt voor de bestaande bouw gaat een groot deel van de aandacht bij de meeste - niet alle - gemeenten nu veelal naar 'laaghangend fruit'-maatregelen zoals dubbel glas en spouwisolatie. De opgave van de warmtetransitie is echter aanmerkelijk breder. Het project 'Noord-Holland: warmtevraag in transitie', heeft als doel om de gemeenten en regio's in de provincie de informatie en inzichten te verschaffen die nodig is om aan de slag te gaan met de warmtetransitie en te komen tot uitvoeringsprogramma's. Daartoe dient zowel deze rapportage als het doorlopen proces met de regionale werksessies.

Deze rapportage geeft als eerste een handelingsperspectief, met antwoord op de vraag 'wie moet wat doen?'. Ten tweede wordt antwoord gegeven op de vraag hoe een klimaatneutraal¹ eindbeeld van de warmtevoorziening van de gebouwde omgeving in 2050 er uit ziet. Dit eindbeeld is gebaseerd op kostenberekeningen op buurniveau van verschillende warmtetechnieken in combinatie met besparingsmaatregelen en bijbehorende energie-infrastructuur. Ten derde wordt antwoord gegeven op de vraag waar - in welke buurten - die warmtetransitie het best gestart kan worden. Dat wordt gedaan aan de hand van kansenskaarten.

Proces

In elke regio worden twee werksessies doorlopen. Deelnemers aan de sessies zijn betrokken beleidsambtenaren van de gemeenten en/of regionale omgevingsdiensten, aangevuld met netbeheerders en andere betrokkenen. De focus ligt op het handelingsperspectief van de gemeenten. De gemeenten zullen vervolgens andere lokale stakeholders bij het proces moeten gaan betrekken.

¹ Onder klimaatneutrale warmtevoorziening verstaan we in deze rapportage: dat er uiteindelijk geen CO₂-emissies meer vrijkomen vanuit fossiele brandstoffen voor de invulling van de warmtevraag.



In de werksessies wordt het klimaatneutrale eindbeeld besproken, de kansenkaarten en de vraag 'wie moet wat doen'. Daarnaast dienen de werksessies om te zorgen dat de beschikbare informatie compleet en correct is.

Afbakening en aannames

De rapportage behandelt het klimaatneutraal invullen van de warmtevraag van de bestaande bouw in elke buurt in de gemeente Haarlem, zowel woningbouw als utiliteitbouw. Dat betekent: geen distributie van aardgas meer naar de gebouwen. De resterende inzet van andere energiedragers, zoals elektriciteit en warm water (i.e. warmtedistributie), is niet per direct klimaatneutraal. We gaan er van uit dat dat in het eindbeeld (we nemen aan 2050) wel het geval zal zijn. Wat warmtedistributie betreft zijn hoge temperatuur warmtebronnen in de beschouwing meegenomen, zoals geothermie en industriële rest- of aftapwarmte voor zover beschikbaar. Laag-temperatuur warmtebronnen, zoals bijvoorbeeld warmte uit asfalt, rioolwarmte en warmte uit datacentra zijn in dit onderzoek niet meegenomen. Het schaalniveau voor de optimalisaties is de CBS-buurt. Daarbij wordt wel de beschikbare warmte vanuit de ruimere omgeving beschouwd.

Wie moet wat doen? Stappenplan

Dit stappenplan is gericht op gemeentes die nog aan het begin staan van het oppakken van de warmtetransitie. Voor gemeenten die hier al mee bezig zijn levert het rapport nuttige informatie op die gebruikt kan worden in het lopende proces.

We raden de gemeente allereerst aan om expliciet te kiezen of men koploper wil zijn of juist niet. Bij beide posities horen andere soorten acties, met bijbehorende inzet van menskracht en budgetten.

De warmtetransitie doe je er niet 'even bij'. Het vergt het opzetten van een meerjarenprogramma, iemand die verantwoordelijk is voor de uitvoering van het programma, en politiek draagvlak voor die uitvoering.

Het stappenplan van de algemene aanpak ziet er dan als volgt uit.

De informatie in dit rapport levert de benodigde input om aan de slag te gaan.

1. Start met het probleem centraal te zetten (de waarom-vraag), en niet door een specifieke technische oplossing centraal te zetten.
2. Zorg voor algemene communicatie over het probleem, het belang er van en de urgentie; zorg daarbij ten eerste dat de relatie van deze aanpak met reeds lopend beleid en projecten duidelijk wordt gemaakt; zorg ook dat bekend is wat stakeholders al doen of gedaan hebben, zodat daar in de communicatie op ingespeeld kan worden.
3. Geef handvaten aan wie nu al in actie wil komen. Zorg bijvoorbeeld voor neutrale informatie over de verschillende oplossingen, en zorg voor informatie over wat er aan plannen is voor een bepaalde buurt zodat men daar rekening mee kan houden.
4. Stel samen met stakeholders het eindbeeld vast van een klimaatneutrale warmtevoorziening voor de gebouwde omgeving, inclusief gedeelde kennis over de betekenis van dat eindbeeld. De crux is dat er een proces wordt gestart op basis waarvan een plan van aanpak kan worden opgesteld om de warmtetransitie ter hand te nemen, en op basis waarvan individuele gebouweigenaren en -gebruikers weten waar ze rekening mee moeten houden bij hun investeringsbeslissingen.
5. Kies samen met stakeholders waar (welke buurten of wijken) te starten met organiseren van de realisatie van de warmtetransitie.



6. Stel in samenspraak met de stakeholders vervolgens een actieplan² op voor die geselecteerde gebieden.

Klimaatneutraal eindbeeld

Met het CEGOIA-model worden voor elke buurt alle mogelijke kosten-combinaties doorgerekend voor schilisolatie van de gebouwen en wijze van invulling van de resterende warmtevraag inclusief de daarbij horende kosten van energie-infrastructuur. Daaruit wordt voor elke buurt die combinatie gekozen die de laagste kosten over de totale keten heeft. We benadrukken dat het geen blauwdruk is van hoe het *moet*, maar wel een transparante doorrekening van welke combinatie in een buurt de laagste kosten over de keten heeft.

In Figuur 1 is de energie-infrastructuur van de klimaatneutrale warmteoptie met de laagste kosten weergegeven per buurt in de gemeente Haarlem. Het inzicht welke soort energie-infrastructuur in het eindbeeld als beste optie uit het model volgt is de belangrijkste uitkomst voor het vormgeven van de warmtetransitie. Het optimale isolatieniveau van gebouwen is ook een belangrijke uitkomst maar wordt in de praktijk ook meer gestuurd door prijzen in plaats van door ketenkosten, en door comfortwensen.

In de uitkomsten is rekening gehouden met een beperkte hoeveelheid groen gas en restwarmte, waardoor sommige buurten naar een duurdere optie moeten uitwijken. De toewijzing gebeurt op basis van het relatieve kostenverschil met de alternatieve optie. Daar waar het verschil in kosten tussen de goedkoopste optie en het eerstvolgende alternatief het grootst is wordt groen gas, dan wel restwarmte toegepast.

Voor de goede orde: de isolatieniveaus van de gebouwen zijn niet expliciet in de figuur getoond, maar maken wel onderdeel uit van de optimalisaties. Een buurt met 'Elektriciteit' als eindbeeld kent bijvoorbeeld een hoog isolatieniveau.

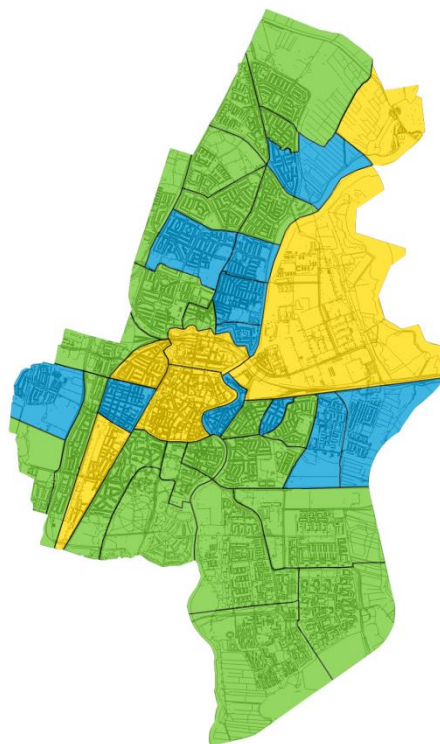
² In het betreffende hoofdstuk staat een aparte paragraaf opgenomen voor de situatie dat de voorkeursoptie een collectieve oplossing betreft, zoals een warmtenet of een WKO-net.



Figuur 1 Eindbeeld van de infrastructuur voor een klimaatneutrale warmtevoorziening in 2050. Alle gebruikte energie is in het eindbeeld klimaatneutraal

Legenda

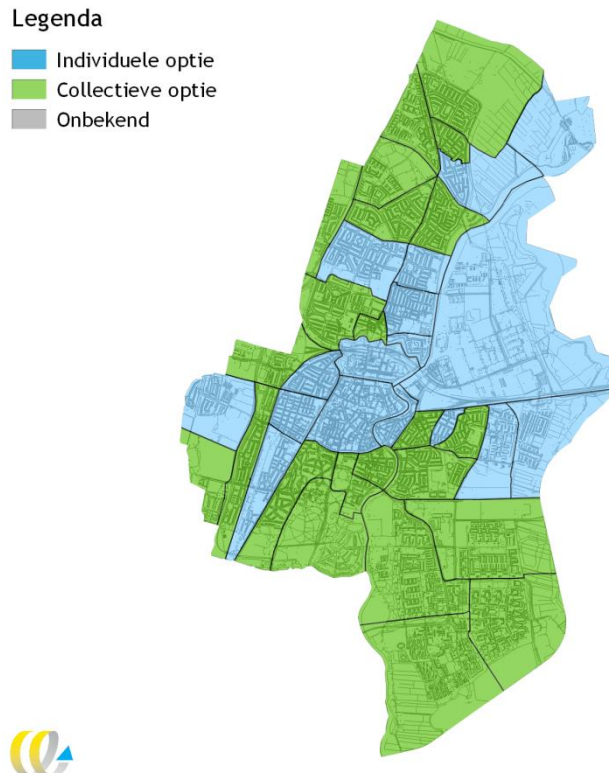
- Groen gas
- Elektriciteit
- Warmte
- Onbekend



Het gepresenteerde eindbeeld is bepaald op basis van kostenberekeningen op buurniveau. In de praktijk zijn er uiteraard meerdere factoren die zullen bepalen welke oplossing in een bepaalde buurt de voorkeur heeft; kosten is weliswaar een belangrijke, maar niet de enige factor die van belang is.

Het eindbeeld laat niet één energie-infrastructuur zien, maar er zijn buurten met groen gas, buurten met elektriciteit en buurten met warmtelevering. De optie met de laagste kosten is afhankelijk van de specifieke buurt-eigenschappen. De groen gas infrastructuur maakt gebruik van het huidige gasnet, maar in plaats van aardgas wordt er klimaatneutraal groen gas getransporteerd. Dit is een relatief goedkope klimaatneutrale oplossing, omdat er geen aanpassingen aan de gebouwinstallaties en/of het gasnet nodig zijn. Echter groen gas is maar beperkt beschikbaar en de kosten van groen gas zijn drie keer hoger dan van het huidige aardgas. Bij warmtelevering wordt het gasdistributienet in de buurt verwijderd en worden de gebouwen aangesloten op een warmtenet. De investering in aanleg van een warmtenet is hoog en daarom is het belangrijk dat vrijwel alle gebouwen in de buurt deelnemen. Dit vergt een collectieve aanpak. Bij elektriciteitslevering wordt het gasdistributienet ook verwijderd en wordt in de warmtevraag voorzien met behulp van elektriciteit of andere individueel toepasbare oplossingen. Een indeling van de buurten op basis van collectieve en individuele oplossingen in 2050 is gegeven in Figuur 2.

Figuur 2 Het eindbeeld van een klimaatneutrale warmtevoorziening in 2050 met onderscheid in individuele en collectieve opties

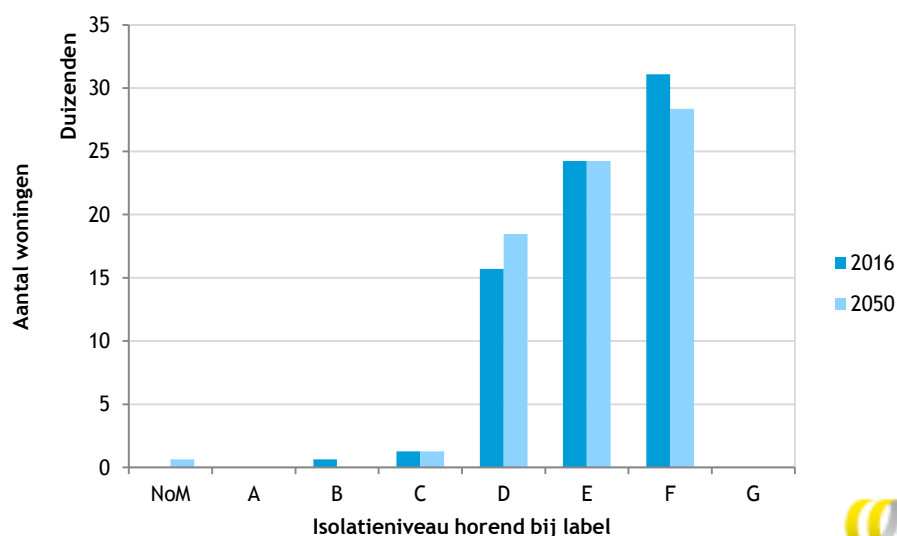


In Hoofdstuk 4 wordt nader ingegaan op de uitkomsten van de modelberekeningen. Daar wordt ook nader ingegaan op variantberekeningen voor het eindbeeld, zoals de situatie dat er veel minder restwarmte of geothermie beschikbaar is voor het gebied. Voor sommige buurten is de uitkomst robuust, in andere buurten blijkt dat de verschillende oplossingen heel dicht bij elkaar liggen. Omdat warmtedistributie enerzijds in veel buurten tot de laagste kosten leidt maar anderzijds enkele belangrijke onzekerheden en dus risico's kent adviseren we om in ieder geval te zorgen voor meer duidelijkheid over de beschikbaarheid van geothermie in de regio.

De resultaten laten voorts zien dat voor de gemeente Haarlem de verbeteringen van de schil van de gebouwen in het eindbeeld beperkt zijn, zie ook onderstaande figuur. Het energielabel omvat zowel de gebouwinstallatie (zoals bijvoorbeeld een HR-ketel) als het isolatieniveau van het gebouw als aanvullende installatiemaatregelen (zoals zonneboiler en zonnecellen). In de figuur is alleen het isolatieniveau getoond. Dit resultaat kan contra-intuïtief zijn. De belangrijkste verklaring is dat er gerekend is met werkelijke energiebesparingen per woningtype vanuit praktijkervaringen (en inclusief zgn. rebound-effecten). Daaruit blijkt dat de voorheen gangbare theoretische cijfers over de energiebesparende effecten van schilisolatie te rooskleurig waren. Het gevolg is vervolgens dat investeringen in klimaatneutrale energiedragers in plaats van in gebouwisolatie kunnen leiden tot lagere kosten over de keten. De uitkomsten kunnen daarmee verschillen van een uitkomst waarbij de zgn. Trias Energetica wordt gevolgd. Daarbij worden eerst rendabele besparingsinvesteringen gedaan die zichzelf terugverdienen over hun levensduur, 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 zoals in dit project.

Figuur 3 Eindbeeld van de verbeteringen aan het isolatieniveau van woningen in het eindbeeld t.o.v. nu



Kansenkaarten: waar te starten met de warmtetransitie?

Naast het eindbeeld is er ook een kansenkaart ontwikkeld met daarop aangegeven in welke buurten de grootste kansen liggen om de warmtetransitie te starten. De kansen zijn in te delen in drie soorten: er moet iets, er kan iets, of men wil iets. De kansrijke buurten liggen daar waar:

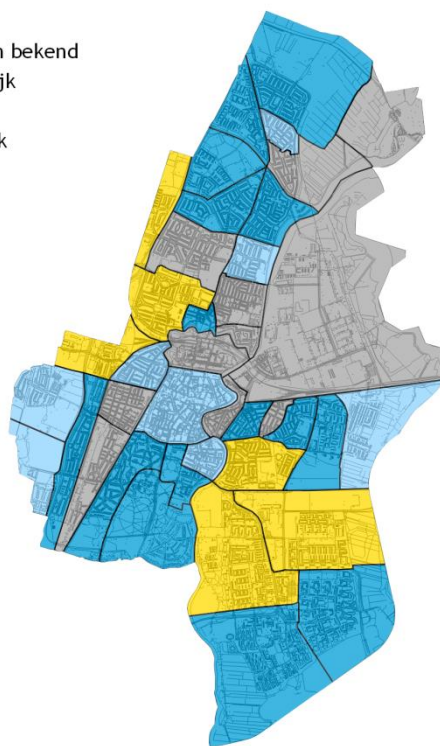
- de kosten om over te stappen op een klimaatneutrale warmtevoorziening nu al lager zijn dan het blijven verwarmen met aardgas;
- de meerkosten om over te stappen op een klimaatneutrale warmtevoorziening het laagst zijn;
- er vervangingswerkzaamheden gepland zijn aan het riool, waternet en/of gasnet (met een tijdshorizon waardoor er tijd is om over alternatieven voor de huidige warmtevoorziening na te denken);
- er actieve bewonerscollectieven aanwezig zijn;
- er grootschalige stadsvernieuwing plaatsvindt.

In Figuur 4 zijn deze factoren samengebracht op één kansenkaart. In het betreffende hoofdstuk worden de factoren elk voor zich getoond. De meest kansrijke gebieden om de warmtetransitie in een buurt te starten zijn die buurten waar meerdere factoren aanwezig zijn. We adviseren om daar te starten met het organiseren van het starten van de warmtetransitie naar klimaatneutraal, en de andere gebieden later in de tijd op te pakken.

Figuur 4 Indicatie van kansrijke buurten om de warmtetransitie te starten, op basis van kosten, planningen en bewonerscollectieven

Legenda

- Geen kansen bekend
- Matig kansrijk
- Kansrijk
- Zeer kansrijk



1 Inleiding

1.1 Doel en opzet van het project

De provincie Noord-Holland zet in de Beleidsagenda Energietransitie 2016-2020 in op het verminderen van de huidige afhankelijkheid van fossiele brandstoffen. Het doel is een volledig duurzame energievoorziening in 2050. Dat is in lijn met de inzet vanuit de Rijksoverheid en met de afspraken in het Nationaal energieakkoord voor duurzame groei.

Voor de gebouwde omgeving betekent dit een combinatie van energiebesparing met het zorgen dat het resterend energiegebruik op een duurzame manier wordt geproduceerd. Dat betekent met name een transitie in de manier waarop de bestaande gebouwen (woningen en utiliteitsbouw) nu worden verwarmd³, aangezien de huidige warmtevraag van de bestaande bouw het overgrote deel van de energievraag van de gebouwde omgeving uitmaakt. We schatten in dat circa 80% van de nu bestaande gebouwen er in 2050 nog steeds staat⁴. Die gebouwen worden nu vrijwel allemaal verwarmd door aardgas te verbranden in HR-ketels. Dat is een situatie die niet past bij de beoogde duurzame energievoorziening, waarbij geen fossiele CO₂-emissies meer optreden.

De provincie heeft CE Delft ingeschakeld voor een provincie-brede aanpak, gericht op de energietransitie van de warmtevraag van de gebouwde omgeving. Het doel is dat elke gemeente transparante antwoorden krijgt op vragen zoals:

- Wat is het handelingsperspectief voor de gemeente?
- Wat is de meest economische duurzame energievoorziening op buurt-niveau?
- Wat betekent deze duurzame energievoorziening voor de mate waarin woningen binnen deze buurt moeten worden verduurzaamd?
- Wat betekent deze duurzame energievoorziening voor de energie infrastructuur op buurtniveau?
- En in welke buurten kan het beste worden gestart met het verduurzamen van de energie infrastructuur en de gebouwen?

In elke RAP-regio worden twee werksessies doorlopen. Deelnemers aan de sessies zijn betrokken beleidsambtenaren van de gemeenten en/of regionale omgevingsdiensten, aangevuld met netbeheerders en andere betrokkenen. De focus ligt op het handelingsperspectief van de gemeenten. De gemeenten zullen vervolgens andere lokale stakeholders bij het proces moeten gaan betrekken om uiteindelijk te komen tot lokale uitvoeringsplannen. In de werksessies wordt het klimaatneutrale eindbeeld besproken, de kansenkaarten en de vraag 'wie moet wat doen'. Daarnaast dienen de

³ De energievraag van een gemiddelde Nederlandse woning bestond in 2015 voor 80% uit gasvraag (voor ruimteverwarming, tapwaterverwarming en koken) en 20% uit elektriciteitsvraag. Bron: CBS.

⁴ Nieuwbouw tot 2050 is qua aantallen minder dan de reeds bestaande bouw. Bovendien is door het aanscherpen van de energieprestatie-eisen aan nieuwbouw de warmtevraag van de nieuwbouw fors lager dan die van de bestaande bouw.



werksessies om te zorgen dat de beschikbare informatie compleet en correct is.

In dit rapport worden de uitkomsten van het project besproken voor de gemeente Haarlem.

1.2 Afbakening

Deze rapportage behandelt het klimaatneutraal invullen van de warmtevraag van de bestaande bouw in elke buurt in de gemeente Haarlem, zowel woningbouw als utiliteitsbouw. Dat betekent: geen distributie van aardgas meer naar de gebouwen. De resterende inzet van andere energiedragers, zoals elektriciteit en warm water (i.e. warmtedistributie), is niet per direct klimaatneutraal. We gaan er van uit dat dat in het eindbeeld (we nemen aan 2050) wel het geval zal zijn. Wat warmtedistributie betreft zijn zgn. hoge temperatuur warmtebronnen in de beschouwing meegenomen, zoals geothermie en industriële rest- of aftapwarmte voor zover beschikbaar. Laag-temperatuur warmtebronnen, zoals bijvoorbeeld warmte uit asfalt, rioolwarmte en warmte uit datacentra zijn in dit onderzoek niet meegenomen. Het schaalniveau voor de optimalisaties is de CBS-buurt. Daarbij wordt wel de beschikbare warmte vanuit de bredere omgeving beschouwd.

1.3 Leeswijzer

Het rapport start met het handelingsperspectief van de gemeente, waaronder een stappenplan om met de warmtetransitie van de gebouwde omgeving aan de slag te gaan. Vervolgens komt de input voor dat proces aan bod. Om die input goed te kunnen begrijpen wordt eerst een korte uitleg van het gebruikte rekenmodel gegeven, van de gehanteerde buurtindeling, en van de beschikbare restwarmtebronnen in het gebied. Alle verdere detailinformatie is verder opgenomen Bijlage A, we raden de lezer van harte aan om daar nader kennis van te nemen. Na de modeluitleg worden de modeluitkomsten behandeld en geanalyseerd. Eerst het eindbeeld, en vervolgens de kansenkaarten. Variantanalyses van het eindbeeld staan opgenomen in Bijlage B. Het rapport eindigt met conclusies en aanbevelingen.

2 Wie moet wat doen?

2.1 Hoe dit hoofdstuk te lezen

Dit hoofdstuk bevat adviezen aan de gemeente om te starten met de warmtetransitie. Allereerst wordt de vraag gesteld of je als gemeente een koploper op dit terrein wilt zijn of niet. Vervolgens wordt een stappenplan gepresenteerd. Dit stappenplan is opgesteld voor gemeenten die aan het begin staan van de warmtetransitie. Het onderdeel 'algemene informatie' in dat stappenplan wordt in de paragraaf daarna verder uitgewerkt. Tot slot wordt ingegaan op zaken die van belang zijn voor burgers en andere partijen die alvast aan de slag willen met individuele acties, en op de situatie dat er in een specifiek gebied sprake is van een collectieve oplossing als voorkeur, zoals een warmtenet. De aanbevelingen zijn steeds gericht op de gemeente.

2.2 Wat voor soort gemeente ben je?

Sommige gemeenten zijn nu al druk bezig met de warmtetransitie. Dat zijn de koplopers. Koplopers zorgen dat er wat gebeurt, dat er wordt geëxperimenteerd met de verschillende mogelijkheden om de warmtetransitie in gang te zetten. Koplopen betekent inherent ook risico's nemen. Niet elke aanpak zal immers succesvol zijn.

Andere gemeentes kiezen er juist voor om het wat kalmer aan te doen. Bijvoorbeeld om eerst te kunnen leren van ervaringen van koplopers. Of omdat er andere zaken spelen die een nog hogere prioriteit hebben. Koploper willen zijn of juist in het peloton of de achterhoede willen blijven met het realiseren van de warmtetransitie is een politieke keuze.

Bij de koploper in de warmtetransitie hoort als profiel:

- voortvarend aan de slag gaan, daar ook voldoende ambtelijke capaciteit en budget voor beschikbaar stellen;
- nieuwe aanpakken ontwikkelen, in afstemming met andere koplopers;
- innovaties helpen realiseren. Zowel op gebied van proces, van organisatie als van techniek;
- het voortouw nemen samen met andere koplopers voor het uitvoeren van een gezamenlijke lobby-agenda, gericht op het creëren van gunstige omstandigheden om de warmtetransitie te realiseren;
- inpassen in en afstemmen met andere beleidsvelden, zoals ruimtelijke ordening en zoals afspraken met woningcorporaties.

Bij het peloton en de achterhoede in de warmtetransitie hoort als profiel:

- vooral leren van de ervaringen van anderen, en overnemen in de eigen aanpak wat succesvol blijkt te zijn;
- uitvoeren van een gezamenlijke lobby-agenda, gericht op het creëren van gunstige omstandigheden om de warmtetransitie te realiseren;
- inpassen in en afstemmen met andere beleidsvelden, zoals ruimtelijke ordening en zoals afspraken met woningcorporaties.

We raden aan om een weloverwogen breed gedragen keuze te maken voor wel of niet koploperschap. Met name als er gekozen wordt voor koploperschap is breed draagvlak en dus ook goede interne afstemming van groot belang.

Voor gemeenten die nog niet al bezig zijn met de warmtetransitie levert dit rapport de informatie die nodig is om gestructureerd aan de slag te gaan. Voor gemeenten die reeds bezig zijn levert het rapport input voor het lopend proces, nadere onderbouwing van het feit dat het belangrijk is om aan te werken, en vermoedelijk ook nadere onderbouwing van de inmiddels gemaakte keuzes.

2.3 Algemene aanpak, stappenplan

Of je nu koploper bent of niet, de warmtetransitie doe je er niet 'even bij'. Het aan de slag gaan met de warmtetransitie betekent daarom:

- Iemand verantwoordelijk maken als programmamanager met duidelijke taken, bevoegdheden en verantwoordelijkheden.
- Een meerjarig programma opzetten, voorzien van capaciteit en financiële middelen, en van SMART-doelen en tussendoelen. Een tussendoel kan bijvoorbeeld zijn dat na een jaar in overleg met betrokken partijen een x-tal buurten zal zijn geselecteerd waar gestart gaat worden met de warmtetransitie.
- Zorgen voor politiek draagvlak voor uitvoering van het programma. Een beleidsnota 'aardgasvrije gebouwde omgeving' kan zo'n basis geven.

Het stappenplan van de algemene aanpak ziet er dan als volgt uit, zowel voor koplopers als voor de anderen (het verschil zit met name in de omvang van de inzet en in de soort acties die worden ingezet):

1. Start de agendering door het probleem centraal te zetten (de waarom-vraag), en *niet* door een specifieke technische oplossing centraal te zetten. Als volgt:
 - a Het gaat om het klimaatprobleem; zie o.a. het nationaal energie-akkoord en het energierapport. Dat leidt tot het aardgasloos maken van de gebouwde omgeving, oftewel toewerken naar het stoppen met distributie van aardgas naar gebouwen. Niets doen is geen optie, er moet iets gebeuren in vrijwel elk gebouw en in vrijwel elke straat.
 - b Bijkomende motieven kunnen onder andere zijn: energievoorzieningszekerheid, solidariteit met 'Groningen', risico's op woonlastenstijging door stijgende energieprijzen in de toekomst, stimulering van de lokale economie (omdat realisatie van de warmtetransitie veel investeringen vergt en dus ook veel werkgelegenheid met zich meebrengt).
 - c Vanuit die probleemstelling kan worden toegewerkt naar oplossingen. Met antwoorden op vragen als: wat, waar, wanneer, wie, hoe?
2. Zorg voor algemene communicatie over het probleem, het belang er van en de urgentie (zie ook Paragraaf 2.4).
3. Geef handvaten aan wie nu al in actie wil komen (zie ook Paragraaf 2.4): zorg voor neutrale informatie over de verschillende oplossingen, en zorg voor informatie over wat er aan plannen is voor een bepaalde buurt zodat men daar rekening mee kan houden.
4. Stel samen met stakeholders het eindbeeld vast van een klimaatneutrale warmtevoorziening voor de gebouwde omgeving, inclusief gedeelde kennis over de betekenis van dat eindbeeld. In dit rapport wordt zo'n eindbeeld getoond, op basis van laagste kosten over de keten, en inclusief informatie over de robuustheid van dat beeld en over hoe het tot stand is gekomen. Belangrijk is om te beseffen dat dit niet een blauwdruk is van hoe het *moet*, maar een transparante *input* voor het gezamenlijk proces. Als blijkt dat uit het gezamenlijk overleg komt dat voor een bepaalde buurt een andere oplossing verkozen wordt dan is dat uiteraard prima. De crux is dat er een proces wordt gestart op basis waarvan een plan van aanpak kan



- worden opgesteld om de warmtetransitie ter hand te nemen, en op basis waarvan individuele gebouweigenaren en -gebruikers weten waar ze rekening mee moeten houden bij hun investeringsbeslissingen.
5. Kies samen met stakeholders waar (welke buurten of wijken) te starten met organiseren van de realisatie van de warmtetransitie, de kansenkaarten in dit rapport zijn daarbij behulpzaam.
 6. Stel in samenspraak met de stakeholders vervolgens een actieplan op voor die geselecteerde gebieden.

2.4 Algemene communicatie

We raden aan om in ieder geval te zorgen voor voortdurende algemene communicatie ('draaggolfcampagne') om het vraagstuk van de warmtetransitie onder de aandacht te brengen. Zorg daarbij ten eerste dat de relatie van deze aanpak met reeds lopend beleid en projecten duidelijk wordt gemaakt. Zorg ook dat bekend is wat stakeholders al doen of gedaan hebben, zodat daar in de communicatie op ingespeeld kan worden.

In het nationaal energie-akkoord voor duurzame groei is afgesproken dat de energievoorziening in 2050 geheel duurzaam is. Voor de gebouwde omgeving betekent het onder andere dat de huidige invulling van de warmtevraag met aardgas vervangen moet worden door een alternatief zonder aardgas: de warmtetransitie. Zo staat het ook in het Energierapport van het ministerie van Economische Zaken.

2050 klinkt wellicht ver weg, maar het is een grote opgave waarvoor nu al flink tempo gemaakt moet worden. Veel meer tempo dan nu het geval is. De warmtetransitie is voor velen nog buiten het blikveld. Een enquête⁵ onder de bevolking in 2016 toonde aan dat 86% van de bevolking nog geen idee had dat de Nederlandse gebouwen van het aardgas af gaan.

Het betekent ook dat bij de meeste gemeentes de focus om moet, van de meeste aandacht voor besparingsmaatregelen zoals dubbel glas en isolatie gericht op de tussendoelen in het jaar 2020, naar de meeste aandacht voor de route naar klimaatneutraal in 2050. Op die route naar klimaatneutraal zijn dubbel glas en isolatie een *onderdeel* van het pakket. Overigens is de gemeente Haarlem al actief bezig met onder andere energiesprong- en nulopdemeter-projecten.

Aangezien mensen pas openstaan voor oplossingen als ze het gevoel hebben dat er een urgent probleem is dat opgelost moet worden, is het zaak om in algemene communicatie hiervoor aandacht te vragen. Landelijk is de benaming 'aardgasvrij' in opmars. Grote steden als bijvoorbeeld Amsterdam, Leiden, Nijmegen en Utrecht zijn druk aan de slag met programma's die starten met het selecteren van buurten die aardgasvrij zullen gaan worden, waarna oplossingen gekozen gaan worden hoe dat dan gerealiseerd wordt. Het betreft zowel bestaande als nieuwbouw. Ook vanuit organisaties als Urgenda en de Stroomversnelling wordt ingezet op klimaat- of energie-neutraalrenovaties van de bestaande bouw.

⁵ Zie: www.hier.nu/klimaatbureau/nieuws/persbericht-helpt-nederlanders-vindt-dat-huishoudens-moeten-stoppen-met-aardgas



Het landelijke HIER klimaatprogramma heeft een speciale website HIER Verwarmt ingericht om probleem en oplossing onder de aandacht te brengen, neutrale informatie over de verschillende technische oplossingen te bieden, en burgers en bedrijven de gelegenheid te bieden om informatie over ontwikkelingen in hun eigen buurt te raadplegen, zodat ze daar rekening mee kunnen houden. Zie www.hierverwarmt.nl.

Die website kunnen gemeente en lokale partijen bijvoorbeeld benutten bij hun communicatie.

Er kan bij de informatiecampagne dus voortgebouwd worden op - en gebruikgemaakt worden van - het werk dat anderen al hebben verricht. Maar het moet wel gebeuren, en niet eenmalig maar voortdurend.

2.5 Voor wie alvast aan de slag wil

Aanvullend op de bovengenoemde algemene communicatie kunnen ook algemene acties worden ingezet voor diegenen die alvast aan de slag willen. Dat kunnen bijvoorbeeld gezamenlijke inkoopacties zijn voor woningisolatie en voor zonnepanelen, zoals gemeente Zaanstad die voor haar burgers organiseert. De lessen bij dat soort acties zijn ten eerste dat regelmatige herhaling zinvol is, ten tweede dat de verschillende doelgroepen gevoelig zijn voor verschillende soorten communicatie-boodschappen.

Tot slot raden we aan om te zorgen voor lokale duidelijkheid over de regels die gesteld worden aan oplossingen zoals houtpelletkachels, kleine wind-turbines op gebouwen of erven, zon-PV-installaties op daken of grondgebonden zon-PV, warmtepompen, WKO-systemen, et cetera. Zodat partijen die aan de slag willen weten waar ze aan toe zijn.

2.6 Wat als de voorkeursoptie collectief is, zoals een warmtenet?

In een aantal dichter bebouwde gebieden is de voorkeursoptie op basis van kosten over de keten een 'collectieve oplossing'. Dat kan een grootschalig of kleinschalig warmtenet zijn, gevoed vanuit een geothermiebron of vanuit restwarmte. Het kan ook een WKO-net zijn, dat dan met name in gebieden met zowel een grote omvang én grote dichtheid in warmtevraag als in koudevraag, het betreft typisch grote locaties met utiliteitsbouw met ruimtekoelingsvraag, zoals kantoren, een ziekenhuis en dergelijke⁶.

De ervaring leert dat het realiseren van zo'n collectieve oplossing betrokkenheid van de gemeente vergt. En als het een groot warmtenet betreft dat zich uitstrekt over meerdere gemeenten dan vergt het betrokkenheid van alle individuele gemeenten, soms van een regionale overheid of samenwerkingsverband zoals Stadsregio Amsterdam of MRA, en/of van de provincie.

Voordat de gemeente aan zo'n traject begint is het belangrijk om een discussie te voeren, en uiteindelijk een keuze te maken, over de mate van betrokkenheid van de gemeente, en daarmee ook van de mate van financieel risico dat de gemeente bereid is te lopen. Hoe zwaarder de rol van de gemeente, des te groter is in het algemeen ook de slaagkans van het project, maar des te groter is ook het financieel risico voor de gemeente. Net als de

⁶ Voor de goede orde: in het rekenmodel is een WKO voor één gebouw geen optie die wordt doorgerekend. WKO in de modeluitkomst betekent een WKO in het gebied, met een centrale warmtepomp en een WKO-net van en naar de gebouwen.



keuze over al dan niet koploper willen zijn, vergt dit een gedragen politieke keuze.

Van licht naar zwaar zijn er qua betrokkenheid de volgende mogelijkheden. Alle vormen zijn toegepast in Nederland door één of meerdere gemeentes.

1. **Faciliteren marktinitiatief**; Met als overweging: indien de gemeente optreedt als formele regievoerder (i.e. het tweede niveau) kan dat mogelijk negatief uitpakken voor de onderhandelingspositie van de gemeente. De gemeente kan ook afwachten tot er een initiatief vanuit de markt komt voor bijvoorbeeld een warmteproject, en dat dan gaan faciliteren echter zonder dat de gemeente zich aan de totstandkoming verbindt.
2. **Regievoerder** voor de locatie: onderzoek uitvoeren naar - en bindend vaststellen van - het gewenste energiesysteem, maken van prijsafspraken, uitgeven van de concessie voor het energiesysteem, bij nieuwbouw handhaven dat partijen tegen de afgesproken prijzen de aansluitingen afnemen.
3. **Afdekken van specifieke risico's** bijvoorbeeld m.b.t. ontwikkeltempo van de locatie.
4. **(Mede) investeren in de warmtebron** (bijvoorbeeld geothermiebron of biomassacentrale) of in de uitkoppeling bij een restwarmteproducent, en in het **transportnet** naar de betreffende locatie(s).
5. **(Mede) investeren in het distributienet** en daarmee ook verantwoordelijkheid dragen voor de levering aan de gebruikers (dat laatste kan als activiteit worden uitbesteed, maar de gemeente blijft dan als mede-eigenaar van het systeem ook mede verantwoordelijk).

Een voorbeeld van het vijfde niveau is het warmtebedrijf Westpoort Warmte in Amsterdam, dat een 50/50 joint venture is van de gemeente Amsterdam en Nuon Warmte, waarbij de dagelijkse werkzaamheden van het bedrijf door Westpoort Warmte zijn uitbesteed aan Nuon.

Voor een WKO-net geldt hetzelfde, met dien verstande dat dat in het algemeen een minder grote ruimtelijke uitgestrektheid heeft dan een warmtenet.

Het realisatieproces van een nieuw warmtenetwerk vergt maatwerk, zeker wanneer het om aansluiten van bestaande bouw gaat. In alle gevallen begint het met het er gezamenlijk over eens worden dat warmte de voorkeursoptie is voor een bepaalde locatie. Vervolgens is het zaak een grove financiële verkenning uit te voeren om na te gaan of de kosten en baten over de gehele keten een positief saldo laten zien, zodat er in principe iets is om te verdelen. Om daarna na te gaan hoe het zit met de businesscases van alle partijen in de keten, van de producent van de warmte tot en met de uiteindelijke afnemers. Als het om restwarmte gaat is een belangrijk onderdeel van zo'n proces ook om al in vroeg stadium de nodige zekerheid te verkrijgen over de daadwerkelijke beschikbaarheid van de warmte, de temperatuurniveaus (want de ene warmte is de andere niet), en de daarmee samenhangende kosten.

De ervaring leert dat zo'n proces om een collectieve infrastructuur te realiseren het beste werkt als de stakeholders er gezamenlijk aan werken, en open en transparant zijn over hun belangen, over risico's, en over financiële zaken.

Er is veel documentatie beschikbaar over warmteprojecten. Dit betreft algemene uitleg over de techniek, proceshandvaten om met warmteprojecten te starten, praktijkervaringen van klanten van warmteprojecten, et cetera.



We verwijzen hiervoor naar de site van het Nationaal Expertisecentrum Warmte van RVO: www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/duurzame-energie-opwekken/nationaal-expertisecentrum-warmte



3 CEGOIA - beknopte modeluitleg

In dit hoofdstuk wordt een beknopte modeluitleg gegeven, zodat de in het volgende hoofdstuk gepresenteerde uitkomsten begrijpelijk zijn. Aan het eind van het hoofdstuk staat de gehanteerde buurtindeling, de restwarmtebronnen in het gebied, en de beschikbaarheid van groen gas in de modelberekeningen.

CE Delft heeft de afgelopen jaren het CEGOIA-rekenmodel ontwikkeld om berekeningen te maken van de totale keten-kosten van een klimaatneutrale warmtevoorziening. De berekeningen worden gemaakt op buurniveau. Met het CEGOIA-model worden voor elke buurt alle mogelijke kostencombinaties doorgerekend voor schilisolatie van de gebouwen en wijze van invulling van de resterende warmtevraag, inclusief de daarbij horende kosten van energie-infrastructuur. We benadrukken dat het geen blauwdruk oplevert van hoe het *moet*, maar wel een transparante doorrekening geeft van welke combinatie in een buurt de laagste kosten over de keten heeft. De investeringen in die combinatie leveren daarmee ook het hoogste CO₂-rendement, met daarbij de kanttekening dat in het eindbeeld alle resterende ingezette energiedragers klimaatneutraal zijn.

Overigens kunnen de uitkomsten van de integrale ketenkosten-aanpak verschillen van een uitkomst waarbij de zgn. Trias Energetica wordt gevolgd. Daarbij worden eerst rendabele besparingsinvesteringen gedaan die zichzelf terugverdienen over hun levensduur, 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 zoals in dit project. Daarnaast kunnen prijzen afwijken van kosten. Zo worden de kosten van elektriciteits- en gasnetten bijvoorbeeld gesocialiseerd, hetgeen betekent dat ze over alle aangesloten worden omgeslagen ook als maar een beperkt deel van die aangesloten de feitelijke veroorzaker van de kosten is. Die uitkomst kan gebruikt worden als input voor een proces om gezamenlijk te bepalen hoe de gewenste eindsituatie er uit ziet.

3.1 Buurniveau als basis

Er zijn verschillende soorten oplossingen om de warmtevraag van gebouwen klimaatneutraal in te vullen. Sommige oplossingen zijn ‘individueel’, zoals ‘all electric’ in combinatie met een forse na-isolatie en een laag-temperatuur warmte-afgiftesysteem in het gebouw. Andere oplossingen zijn ‘collectief’, zoals de aanleg van warmtedistributienet.

Wat de kosten-optimale oplossing per buurt is, hangt sterk af van het type, de eigenschappen en mogelijkheden van de gebouwen in de buurt. Gaat het bijvoorbeeld om dichtbebouwde historische binnensteden, recente hoogbouw, een dorpskern, buitengebied of bedrijventerrein? En zijn er mogelijkheden voor restwarmte, geothermie, WKO of groen gas? CEGOIA maakt daarom berekeningen op buurniveau (CBS-indeling), waarbij de karakteristieken van een buurt worden gebruikt als input voor het model. Hierbij valt te denken aan het type bebouwing (gestapeld, grondgebonden, gemiddeld oppervlak, woningtype), het bouwjaar van de gebouwen, de bouwfuncties (woningen, kantoren, winkels, etc.) en de dichtheid van de bebouwing (aantal gebouwen per hectare). Daarnaast wordt ook het huidige energieverbruik en het gemiddelde energielabel van de buurt gebruikt als input voor het model.

3.2 Totale keten-kosten

CEGOIA berekent de kosten over de gehele keten: distributie (de energie-infrastructuur), productie (energieverbruik), installaties (warmte-opwektechnieken), gebouwmaatregelen (isolatie) en belastingen. Hierbij worden zowel de investeringskosten ('CAPEX') als de jaarlijkse kosten ('OPEX'; energiegebruik, onderhoudskosten, e.d.) meegenomen.

Er staan twee zaken centraal in de transitie: de investering in isolatie van de bouwschil en in de gebouw-installatie, en de rol van de energie-infrastructuren die oplossingen mogelijk maken: gas-, elektriciteits- en warmtenetten. Het is dan ook essentieel dat deze schakels in de keten van de energievoorziening integraal meegenomen worden bij de afweging voor de keuze van een toekomstige warmtevoorziening. Zonder warmtenet kan een woning immers niet op een restwarmtebron aangesloten worden. En ook de kosten van de netverzwaring die nodig is bij een all electric oplossing dienen inzichtelijk te zijn in de afweging, ook al worden die laatste via de netbeheerder door iedereen betaalt. Het model rekent met de werkelijke kosten voor de energie-infrastructuur. Dit wil zeggen dat bijvoorbeeld het onderhouden van een gasnet in het buitengebied per woning wezenlijk duurder is dan voor een buurt met recente hoogbouw, ook al is dat niet zichtbaar in de tarieven van de netbeheerder.

De energiekosten hangen samen met gebruikte techniek en het isolatieniveau van de gebouwen. Een klimaatneutrale HR-ketel draait op groen gas, een hybride warmtepomp maakt daarnaast ook gebruik van elektriciteit om in de warmtebehoefte te voorzien. Het model berekent de energiekosten van alle gekozen technieken bij alle mogelijke schil-isolatieniveaus (G t/m A+ voor de woningen en drie isolatieniveaus voor utiliteitsbouw). Hierbij wordt het huidige gemiddelde energieverbruik en energielabel van de buurt als uitgangspunt gebruikt.

De installatiekosten hangen af de verwarmingstechniek. In dit onderzoek wordt gerekend met de volgende 10 technieken:

1. HR-ketel (op groen gas).
2. Hybride warmtepomp op buitenlucht.
3. Hybride warmtepomp op ventilatielucht.
4. Elektrische lucht-waterwarmtepomp.
5. Elektrische bodemwarmtepomp.
6. CV-ketel op vaste biomassa (houtpellets⁷).
7. Restwarmte.
8. Geothermie.
9. Wijk-WKK.
10. WKO.

Bij warmtedistributie (restwarmte, geothermie, wijk-WKK) wordt de zogenaamde piekwarmte geproduceerd met hernieuwbaar gas, dus niet met aardgas.

Alle technieken worden doorgerekend in combinatie met alle mogelijke besparingsniveaus van de gebouwen. Bij de elektrische warmtepomp wordt hierbij een minimale schil van label B verondersteld. Dit om een gelijkwaardig comfort van de warmtevoorziening te waarborgen. De hybride warmtepomp op ventilatielucht wordt alleen doorgerekend voor woningen met

⁷ Houtpellets zijn korrels samengeperst verpulverd hout.



huidig label C en beter⁸. Dit in verband met de aanwezigheid van een ventilatiekanaal, dat nodig is om de hybride warmtepomp toe te kunnen passen.

De belastingen worden door het model optioneel meegenomen. De belastingen bestaan uit BTW op alle kostenonderdelen, de energiebelasting op gas en elektriciteit, de opslag duurzame energie op gas en elektriciteit en de belastingvermindering op de energierekening van woningen. Hierbij worden de tarieven van 2016 gehanteerd.

3.3 Van investering naar jaarlijkse kosten

Het model berekent de jaarlijkse kosten, CAPEX en OPEX voor alle ketenonderdelen van de warmtelevering. Alle investeringskosten worden omgerekend naar jaarlijkse kosten, door middel van een specifieke discontovoet en afschrijftermijn. Hiermee wordt impliciet dus ook rekening gehouden met het doen van vervangingsinvesteringen.

3.4 De gebouwde omgeving

In dit onderzoek worden utiliteitsbouw en woningen aangeduid als ‘gebouwde omgeving’. De energievraag van de industrie en landbouw valt buiten de scope van deze studie. De berekeningen voor utiliteit worden uitgesplitst naar sector. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen de volgende utiliteitssectoren:

- kantoren;
- winkels;
- gezondheidszorg;
- logies;
- onderwijs;
- bijeenkomst;
- sport;
- cellengebouw.

De focus van de berekeningen is de bestaande bouw. Het merendeel van de gebouwen die er vandaag staan zullen er immers in 2050 nog steeds staan. Bovendien gelden er strenge eisen voor de energiezuinigheid van nieuwbouw (EPC-eisen) en vanaf eind 2020 moeten alle nieuwe gebouwen in Nederland bijna energieneutrale gebouwen (BENG) zijn. De bijkomende warmtevraag door nieuwbouw is daarom zeer gering in vergelijking tot de totale warmtevraag van de bestaande bouw. Desalniettemin zijn bestaande nieuwbouwplannen wel uitgevraagd bij de gemeente en daar waar relevant qua volumes ook meegenomen in de modelberekeningen.

⁸ Er is in de modelberekeningen aangenomen dat deze optie t.z.t. ook toepasbaar is in de gestapelde bouw.



3.5 Buurtindeling

In Figuur 5 is een overzicht gegeven van de buurtindeling in de gemeente Haarlem.

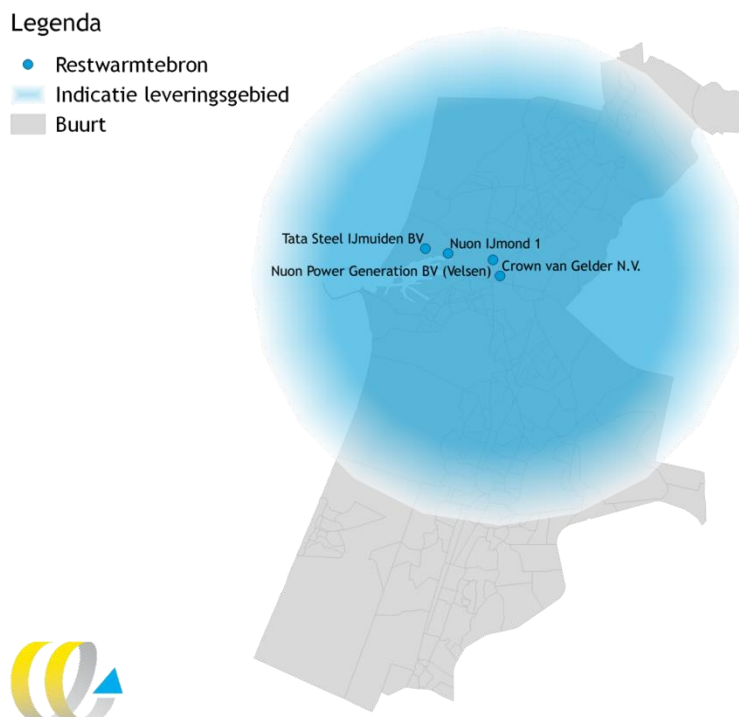
Figuur 5 Buurtindeling gemeente Haarlem



3.6 Restwarmtebronnen en toewijzing

De gemeente Haarlem is onderdeel van de RAP-regio IJmond/Zuid-Kennemerland. In Figuur 6 zijn de hoge temperatuur restwarmtebronnen weergegeven die in deze regio bekend zijn. Deze bronnen zijn afgeleid uit de kaart 'Ligging industrie en CO₂-emissies' van RVO. Alleen de industriële bronnen met een berekende energievraag groter dan 400 TJ zijn opgenomen in deze kaart. De kaart bevat naast de locatie van iedere bron ook een inschatting van de energievraag voor warmte van de bron, op basis van de CO₂-emissiegegevens van de nationale emissieregistratie.

Figuur 6 Indicatie van aanwezige restwarmtebronnen in de regio



We nemen aan dat er in 2050 nog steeds een vraag is naar staalproductie en naar papierproductie. Daarom wordt de beschikbare restwarmte van het staalbedrijf Tata Steel IJmuiden en de papierproducent Crown van Gelder meegenomen in de berekeningen. De grootste warmtebron is het staalproductiebedrijf. Uit een recent onderzoek van Tata Steel (bron: restwarmtepositie Tata Steel in IJmuiden, Jägers, november 2016) blijkt dat het bedrijf in de orde van 200 MW aan restwarmte beschikbaar heeft die intern niet benut wordt. Van deze 200 MW is ongeveer 160 MW hoogwaardige warmte (geschikt voor hoge temperatuur warmtelevering). In de berekeningen wordt verondersteld dat het in 2050 mogelijk is deze restwarmte te benutten voor warmtelevering aan de gebouwde omgeving. De beschikbare restwarmte van Crown van Gelder is ingeschat op 40 MW. Deze inschatting is gemaakt met behulp van een standaardpercentage aan restwarmte ten opzichte van de warmtevraag van het bedrijf. In totaal is er in de basisrun voor het model gerekend met 200 MW aan hoge temperatuur restwarmte in de regio. We gaan er wel van uit dat in het eindbeeld alle warmteproductie klimaatneutraal is, zodat we qua fossiele CO₂-emissies 'appels met appels' vergelijken.

Deze beschikbaarheid van restwarmte in 2050 heeft echter wel een mate van onzekerheid. Uit het onderzoek van Tata Steel blijkt ook dat er op dit moment maar een deel van de hoge temperatuur restwarmte daadwerkelijk winbaar is. Ook is het goed denkbaar dat er in 2050 bedrijven met restwarmte zijn vertrokken uit de regio, of er juist zijn bijgekomen. CE Delft gaat op twee manieren om met deze onzekerheid in de beschikbare hoeveelheid restwarmte. In de bijlage zijn ook uitkomsten opgenomen bij een beschikbaarheid van 75 MW in plaats van 200 MW. Daarnaast is ook gerekend met de kosten voor geothermie in plaats van industriële restwarmtelevering.

3.7 Beschikbaarheid groen gas en toewijzing

De beschikbaarheid van groen gas is voor de hele regio bepaald. We nemen aan dat er uiteindelijk 2 bcm (miljard kuub) groen gas beschikbaar zal zijn in heel Nederland⁹. Aangezien de gebouwde omgeving nu relatief veel betaalt voor het verbruik van aardgas (t.o.v. bijvoorbeeld de aardgasprijs voor industrie en voor energiecentrales) is het aannemelijk dat er 1,5 bcm van het groene gas beschikbaar zal zijn voor de woningen. Het aandeel groen gas voor de regio IJmond/Zuid-Kennemerland is vervolgens bepaald naar ratio van het huidige aardgasverbruik door de woningen in de regio ten op zichte van het verbruik in heel Nederland. Dit resulteert in 48 miljoen kuub groen gas voor de hele regio. De toewijzing van het groene gas gebeurt in het model op regio-niveau. Daar waar het relatieve kostenverschil met een alternatieve klimaatneutrale warmteoptie het grootst is, wordt het groen gas toegekend aan die specifieke buurt.

3.8 Potentie geothermie

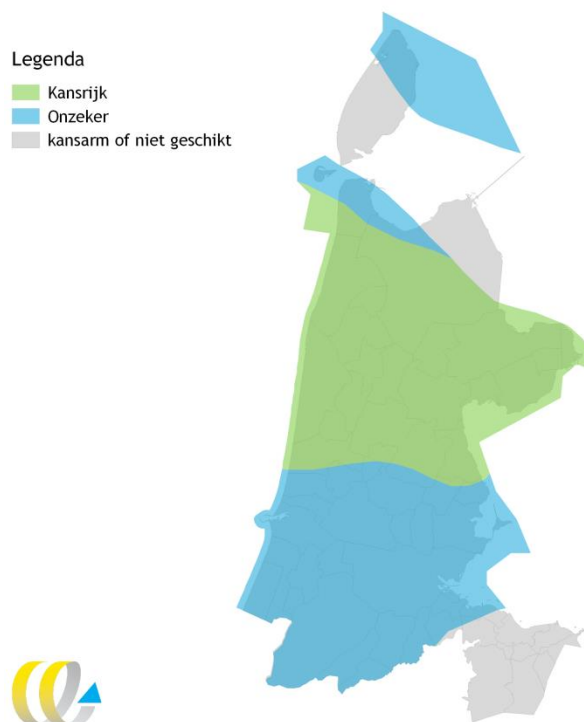
De provincie heeft onderzoek¹⁰ laten doen naar de mogelijkheden van geothermie. In Figuur 7 zijn de kansrijke gebieden voor de winning van geothermische energie aangegeven. De gemeente Haarlem ligt echter in een gebied dat als onzeker c.q. onbekend is aangewezen. Verder onderzoek zal moeten uitwijzen of geothermie een van de mogelijkheden is in deze regio. In de standaard berekeningen is geothermie dan ook niet meegenomen als optie, vanwege deze onzekerheid. In Bijlage B is een extra analyse opgenomen, waarbij geothermie wel wordt meegerekend.

⁹ Bron: Routekaart Hernieuwbaar Gas van Groen Gas Nederland. Het betreft een technisch potentieel in 2030 op basis van binnenlandse biomassastromen.

¹⁰ Bron: Geothermie in Noord-Holland, Grontmij Nederland bv, 2008.



Figuur 7 Geothermie potentie in Noord-Holland¹¹

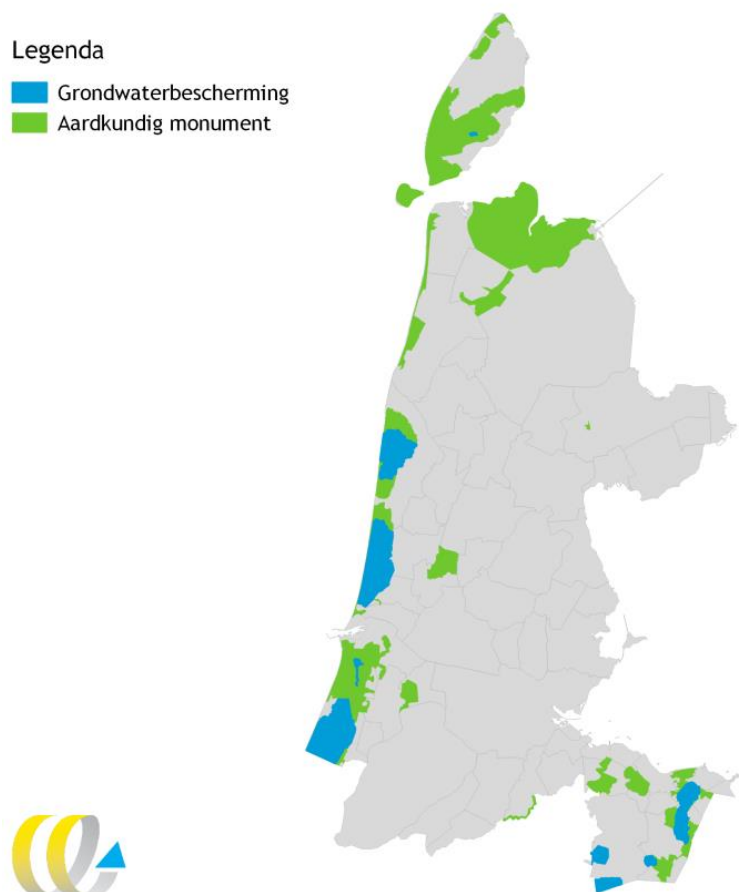


3.9 Toepasbaarheid van WKO

WKO staat voor warmte- en koudeopslag. In het model wordt gerekend met een centraal open grondwatersysteem en een lokaal distributienet. Open WKO-systemen kunnen grote invloed hebben op de ondergrondse omgeving. Om negatieve effecten te voorkomen zijn open WKO-systemen niet overal toegestaan. In de provincie Noord-Holland zijn grondwaterbeschermingsgebieden en aardkundige monumenten aangewezen, in de eerste mag WKO in ieder geval niet worden toegepast, in de tweede gelden er restricties. Deze gebieden zijn weergegeven in Figuur 8.

¹¹ NB: onzeker kan ook zijn: onbekend.

Figuur 8 WKO-restrictiegebieden in Noord Holland



4 Uitkomsten

In dit hoofdstuk worden de uitkomsten uit de modelberekeningen gepresenteerd en geanalyseerd. Het betreft allereerst het eindbeeld, en vervolgens de kansenkaarten.

Feitelijk is er niet sprake van één warmtetransitie, maar valt het vraagstuk uiteen in drie parallelle transitie:

1. Een transitie van de gebouwschillen en gebouwinstallaties.
2. Een transitie van de energie-infrastructuren.
3. Een transitie van de energiebronnen.

Alle drie de transities zijn nodig, ze hoeven echter niet per se direct in hetzelfde tempo te worden gerealiseerd. Zo kan een buurt 'all electric' worden waarbij de elektriciteitsbronnen pas later klimaatneutraal worden. Hetzelfde geldt voor warmte en voor groen gas.

4.1 Eindbeeld: klimaatneutrale warmtevoorziening

Met het CEGOIA-model zijn per buurt de totale keten-kosten berekend voor het verwarmen van de gebouwde omgeving op basis van 10 verschillende technieken bij alle mogelijke isolatieniveaus van de gebouwschil (i.e. horend bij energielabels G t/m A+). Uit de uitkomsten wordt vervolgens voor elke buurt die optie gekozen met de laagste kosten over de keten. Daarbij wordt ook rekening gehouden met beschikbaarheid van bijvoorbeeld groen gas en van restwarmte, zie ook de modeluitleg in Hoofdstuk 3. Het kan zijn dat de geselecteerde combinatie met afstand de laagste ketenkosten heeft ten opzichte van de eerstvolgende mogelijkheid. Het kan echter ook zijn dat de eerstvolgende mogelijkheden qua kosten heel dicht bij de goedkoopste optie liggen. Dit is weergegeven in de kansenkaarten. In het laatste geval is het bijvoorbeeld goed denkbaar dat zo'n situatie leidt tot lange discussies met stakeholders over de gewenste optie voor een buurt.

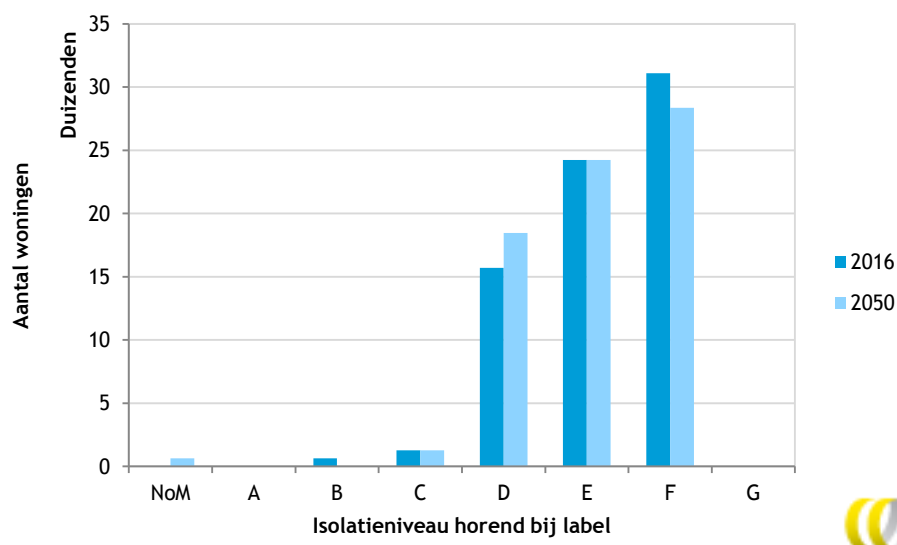
In Paragraaf 4.2 staan enkele nadere analyses van het eindbeeld opgenomen.

De resultaten laten zien dat voor de gemeente Haarlem de verbeteringen van het isolatieniveau¹² van de gebouwen in het eindbeeld beperkt zijn, zie ook onderstaande figuur. Dit resultaat kan contra-intuïtief zijn. Een eerste belangrijke verklaring is dat er gerekend is met werkelijke energiebesparingen per woningtype vanuit praktijkervaringen (inclusief zgn. rebound-effecten). Daaruit blijkt dat de voorheen gangbare theoretische cijfers over de energiebesparende effecten van schilisolatie te rooskleurig waren. Een tweede verklaring is dat investeringen in klimaatneutrale energiedragers in plaats van gebouwisolatie kunnen leiden tot lagere kosten over de keten als geheel. De uitkomsten kunnen daarmee verschillen van een uitkomst waarbij de zogenaamde Trias Energetica wordt gevolgd.

¹² NB: het energielabel van een gebouw omvat zowel het isolatieniveau van het gebouw, als de efficiency van de gebouwinstallatie (bijvoorbeeld een HR-ketel), als aanvullende installatiemaatregelen zoals zonneboiler of zonnecellen. In de CEGOIA-modelberekeningen zijn dit afzonderlijke onderdelen. In de figuur wordt het isolatieniveau geschetst.



Figuur 9 Eindbeeld van de verbeteringen aan het isolatieniveau van woningen in het eindbeeld t.o.v. nu

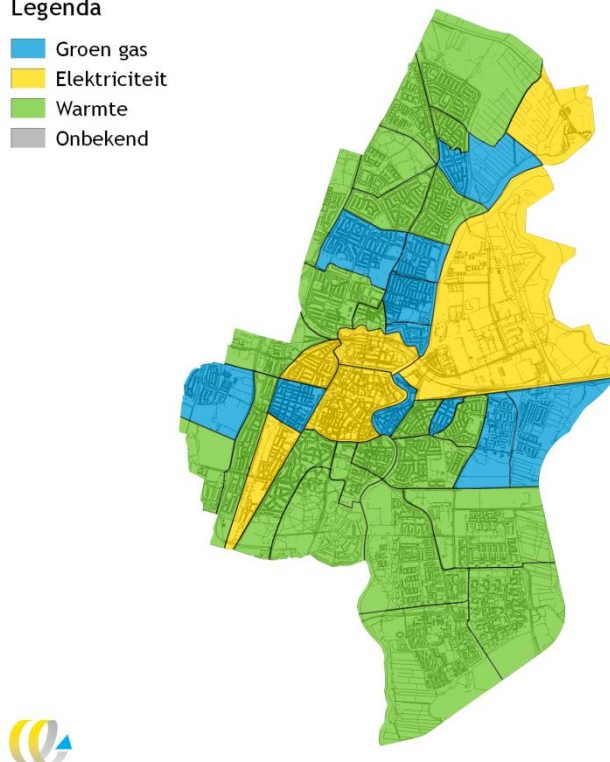


In Figuur 10 is de infrastructuur weergegeven die hoort bij de optie met de laagste kosten. Hierbij is rekening gehouden met een beperkte hoeveelheid groen gas en restwarmte, waardoor sommige buurten naar een duurdere optie moeten uitwijken. Deze toewijzing gebeurt op basis van het relatieve kostenverschil met de alternatieve optie. Daar waar het verschil in kosten tussen de goedkoopste optie en het eerstvolgende alternatief het grootst is wordt groen gas, dan wel restwarmte toegepast. Niet getoond in de figuur is dat de gebouwen in elke buurt een optimaal isolatieniveau hebben gekregen; optimaal in de zin dat deze in combinatie met de invulling van de resterende warmtevraag leidt tot de laagste kosten over de keten. In buurten met 'Elektriciteit' is bijvoorbeeld in het eindbeeld fors geïnvesteerd in gebouw-isolatie. In de kosten worden zowel investeringskosten als de kosten van het energiegebruik meegenomen. Zie ook Paragraaf 4.2 voor een nadere analyse van het eindbeeld waarin ook de variantberekeningen in de Bijlage worden betrokken.

Figuur 10 Eindbeeld van de infrastructuur voor een klimaatneutrale warmtevoorziening in 2050. De aanname is dat alle energiedragers klimaatneutraal zijn in 2050

Legenda

- Groen gas
- Elektriciteit
- Warmte
- Onbekend

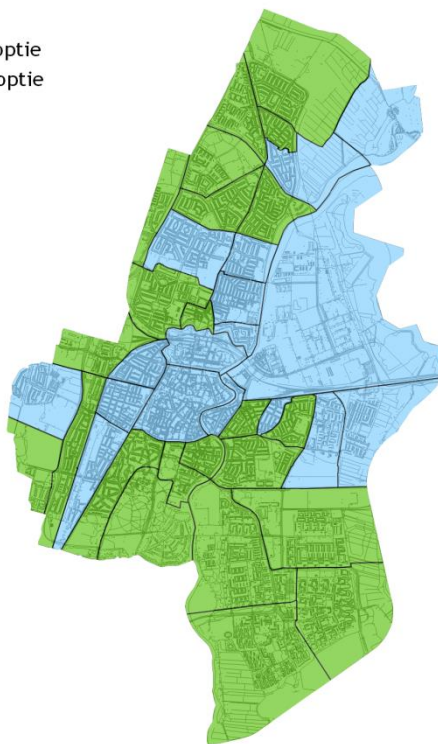


Het eindbeeld laat verschillende infrastructuren zien in de gemeente. De infrastructuur voor groen gas is dezelfde als het huidige aardgasnet. Groen gas heeft namelijk dezelfde kwaliteiten als aardgas en kan daarom één-op-één worden uitgewisseld met aardgas. Groen gas is echter wel een stuk duurder dan aardgas en bovendien in vele mindere mate beschikbaar dan het huidige aardgas. De meeste buurten veranderen in de modeluitkomsten daarom van infrastructuur. Veel buurten gaan over op een (hoge temperatuur) warmtenet. Bij aansluiting op een warmtenet zijn er enkele gebouw-aanpassingen nodig, zoals het installeren van een warmtewisselaar. Ook moet het gasnet worden verwijderd. Het is dan ook een collectieve optie, waarbij het van belang is dat veel gebouwen in een gebied worden aangesloten. Bij hoge temperatuur warmtelevering is het niet strikt noodzakelijk om extra isolatiemaatregelen toe te passen. Bij een aantal buurten blijft enkel het elektriciteitsnet aanwezig in de buurt. De gebouwen worden daar individueel verwarmd, maar zonder gebruik van (groen) gas. Het onderscheid collectieve en individuele oplossingen in het klimaatneutrale eindbeeld in 2050 is gegeven in Figuur 11.

Figuur 11 Het eindbeeld van een klimaatneutrale warmtevoorziening in 2050 met onderscheid in individuele en collectieve opties

Legenda

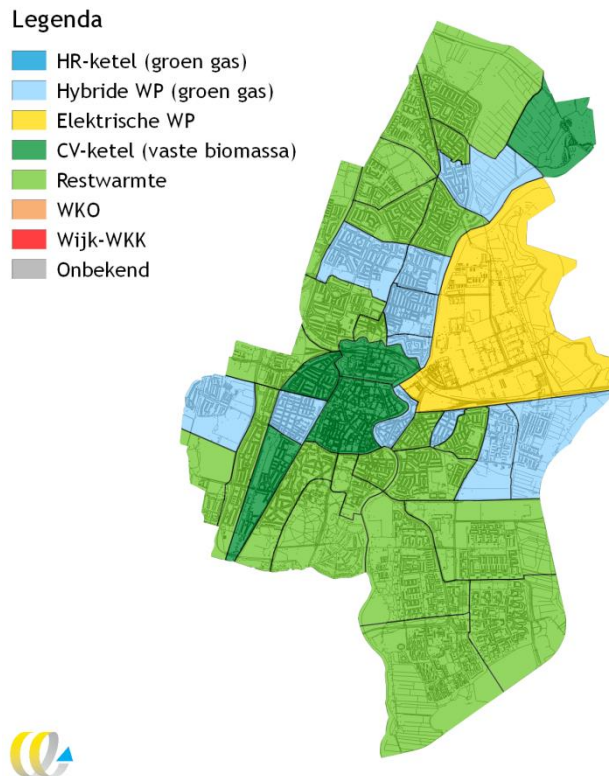
- Individuele optie
- Collectieve optie
- Onbekend



Bij collectieve opties is er geen opwekinstallatie op gebouwniveau, maar wordt de warmte geleverd via een warmtenet. De infrastructuur van een collectieve optie is duur en daarom is het van belang dat alle gebouwen in een gebiedje worden aangesloten op het net. Het aanhouden van een gasnet naast het warmtenet voor enkele woningen in het gebied is veel te duur. Het collectieve warmtenet hoeft echter niet deel uit te maken van een regiogroot net dat aangesloten is op een grote warmtebron. Het warmtenet kan ook bestaan uit vele kleine netjes met bilaterale warmtelevering tussen gebouwen, al dan niet aangesloten op een backbone.

Bij individuele opties heeft elk gebouw een eigen opwekinstallatie waarmee de warmte geproduceerd wordt. De warmte kan worden geproduceerd uit gas, elektriciteit of vaste biomassa. In een buurt met enkel elektriciteitslevering is het goed mogelijk dat het ene gebouw verwarmd wordt met een warmtepomp, terwijl het andere gebouw gebruikt maakt van een CV-ketel op houtpellets. Als echter het merendeel van de gebouwen overgaat op een warmtepomp moet wel het elektriciteitsnet worden verzwakt. In Figuur 12 is het eindbeeld weergegeven op techniekniveau.

Figuur 12 Eindbeeld van de klimaatneutrale warmtevoorziening in 2050



In de meeste buurten is restwarmte de goedkoopste optie, gevolgd door de groen gas-opties (hybride warmtepomp en HR-ketel). Door de limieten op beschikbaarheid van groen gas en restwarmte komt echter ook de elektrische warmtepomp en de CV-ketel op vaste biomassa (houtpellets) voor. In Figuur 13 wordt inzicht gegeven in de toewijzing van restwarmte en groen gas opties. Daar waar het kostenverschil met een alternatieve optie het grootst is zal de 1^e keus worden toegepast. Daar waar het alternatief niet veel duurder is wordt uitgeweken naar de 2^e keus. Een aantal buurten in de binnenstad van Haarlem komen op de CV-ketel op vaste biomassa uit in het eindbeeld¹³. Uit Figuur 13 blijkt dat dit eigenlijk de derde keus is en restwarmte en groen gas dus eigenlijk goedkoper zijn. Echter is het relatieve kostenverschil met de CV-ketel op vaste biomassa blijkbaar te klein om restwarmte of groen gas toegewezen te krijgen. De CV-ketel op vaste biomassa maakt gebruik van zogenaamde houtpellets om warmte op te wekken. Deze houtpellets zijn kleine staafjes samengeperst hout. Het model gaat uit van een investering in een moderne installatie waarbij filters geïntegreerd zijn in de ketel, waardoor de uitstoot van fijnstof en andere schadelijke stoffen tot wel 90% worden verlaagd. Tot slot is er één buurt in het eindbeeld waarbij de elektrische warmtepomp wordt toegepast. In deze buurt is het gemiddelde energielabel al dermate goed dat er geen verdere isolatiemaatregelen noodzakelijk zijn om het comfortniveau te behouden. Dit scheelt aanzienlijk in de totale-keten kosten voor de elektrische warmtepomp.

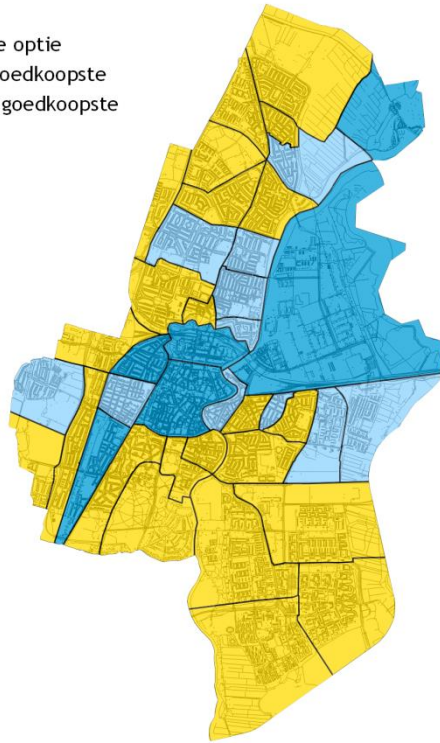
¹³ In de Bijlage is een variantanalyse opgenomen waarin deze optie niet is meegerekend.

In de modelberekeningen wordt het eindbeeld puur bepaald op basis van totale keten-kosten. In werkelijkheid kunnen andere aspecten natuurlijk ook invloed hebben op welke optie uiteindelijk waar wordt toegepast. Een nieuwe badkamer of keuken wordt immers ook lang niet altijd geplaatst op basis van de verwachte waardevermeerdering van de woningen.

Figuur 13 Inzicht in toewijzing van goedkoopste optie op basis van beschikbaarheid en verschil in kosten tot de goedkoopste optie met een alternatieve infrastructuur

Legenda

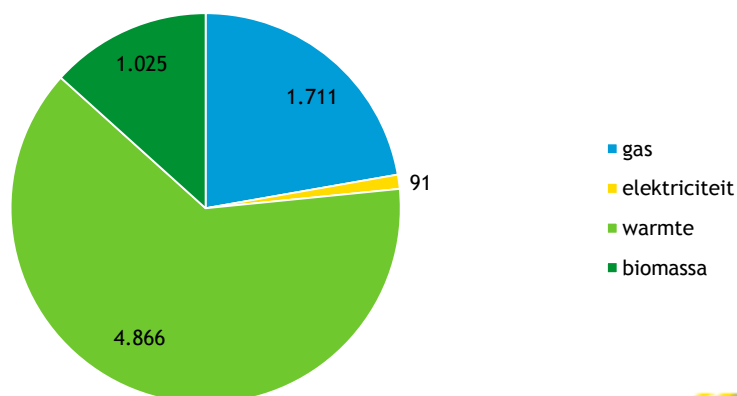
- Goedkoopste optie
- Op-één-na goedkoopste
- Op-twee-na goedkoopste



In Figuur 14 is de verdeling van het aantal woningequivalenten (WEQ) per energiedrager weergegeven voor het eindbeeld. Hierbij is aangenomen dat 150 m² aan utiliteit overeenkomt met één woningequivalent.

Figuur 14 Verdeling van het aantal woningequivalenten (WEQ) per energiedrager

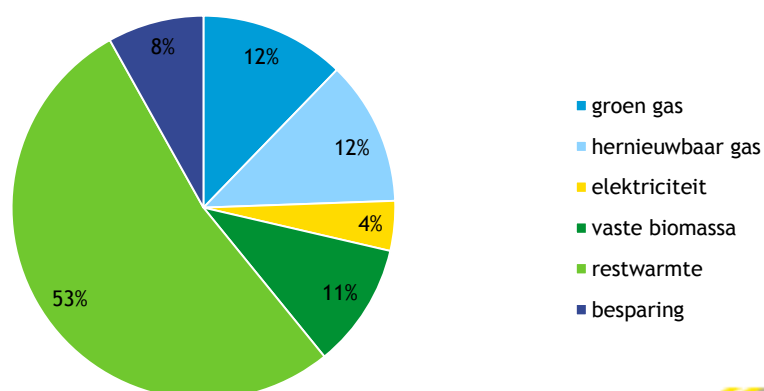
Aantal WEQ per energiedrager (duizenden)



Het merendeel van de gebouwen wordt in het eindbeeld verwarmd door middel van warmtelevering. Ongeveer 20% wordt verwarmd door gebruik van groen gas. 15% maakt gebruik van vaste biomassa en 1% maakt gebruik van elektriciteit om de warmte op te wekken. De bijbehorende verdeling van het energieverbruik voor de warmtevoorziening van de gebouwde omgeving is weergegeven in Figuur 15.

Figuur 15 Verdeling van het energieverbruik voor de klimaatneutrale warmtevoorziening in de gebouwde omgeving in 2050

Energieverbruik voor de klimaatneutrale warmtevoorziening van de gebouwde omgeving in 2050



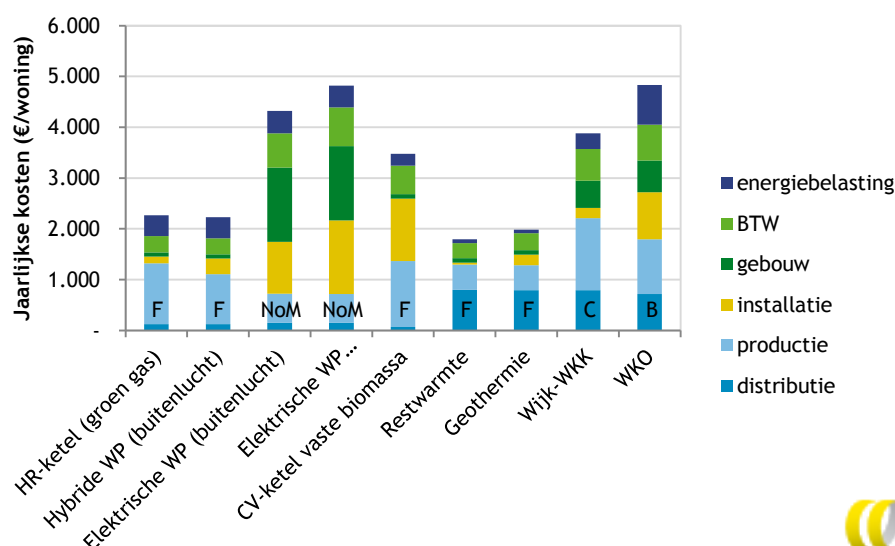
Figuur 15 laat zien dat ten opzichte van het huidige energieverbruik in de gebouwde omgeving zo'n 8% is bespaard in 2050. Het model gaat uit van werkelijke besparingen per labelstap in tegenstelling tot theoretische besparingen. Uit verschillende studies blijkt namelijk dat er in werkelijkheid veel minder energie wordt bespaard door isolatiemaatregelen dan aanvankelijk gedacht. Bovendien is het maken van labelstappen met isolatiemaatregelen



veelal behoorlijk kostbaar, met name bij oudere panden. Het model optimaliseert de totale ketenkosten. Het grootste deel van het overgebleven energieverbruik wordt ingevuld met hoge temperatuur restwarmte. Bij restwarmtelevering wordt gebruik gemaakt van piekketels. In de piekketels wordt met hernieuwbaar gas bijgestookt op het moment van piekvraag naar warmte. Dit voorkomt het aanleggen van een warmtenet gedimensioneerd op een piekcapaciteit die maar enkele momenten in het jaar nodig is. Het groene gas wordt gebruikt in HR-ketels en hybride warmtepompen. De hybride warmtepomp maakt naast groen gas ook gebruik van elektriciteit om in de warmtebehoefte te voorzien.

In Figuur 16 is de kostenopbouw van verschillende technieken weergegeven voor een willekeurige buurt in de gemeente Haarlem. In deze buurt is warmtelevering het goedkoopst, gevolgd door de groen gas opties. Toch komt deze buurt in het eindbeeld uit op de CV-ketel op vaste biomassa, omdat het kostenverschil minder groot is dan bij andere buurten.

Figuur 16 Kostenopbouw per woning van de technieken i.c.m. het goedkoopste isolatieniveau in een buurt (het isolatieniveau is getoond in de figuur, NB: dit is *niet* hetzelfde als het energielabel van het gebouw, maar een onderdeel daarvan)



4.2 Nadere analyse eindbeeld

Zoals al beschreven is het gepresenteerde eindbeeld geen blauwdruk voor hoe het *moet*, maar input voor een proces om samen met stakeholders te bepalen wat de gewenste oplossing voor elk gebied is.

Er kunnen redenen zijn om andere keuzes te maken. De CV-ketel op vaste biomassa levert een voorbeeld. De gemeente Haarlem lijkt dit een ongewenste mogelijkheid in de binnenstad vanwege de met de optie samenhangende vervoerbewegingen van de houtpellets en de opslag van de pellets in de gebouwen. In het geval zal een andere optie geselecteerd moeten worden, met hogere kosten over de keten voor die specifieke buurt, bijvoorbeeld een wijk-WKK of all electric optie met warmtepomp. Het is ook mogelijk om alsnog uit te gaan van groen gas voor het centrum, waarbij er dus minder groen gas beschikbaar is voor andere gebieden. Het voert wel te ver voor dit project om al deze mogelijke varianten door te rekenen voor dit rapport. In de Bijlage is

een variantberekening opgenomen waarin de optie 'CV-ketel met vaste biomassa' uit is gezet bij de berekeningen, in die variant is zichtbaar wat in dat geval de eerstvolgende optie is met de laagste kosten over de keten.

Ook toepassing van industriële restwarmte leidt in Nederland regelmatig tot discussie. Een argument dat wordt gehanteerd is de afhankelijkheid van een enkele industrie waarvan niet zeker is of die er altijd zal blijven, een ander argument is dat de warmte veelal nog gebaseerd is op fossiele brandstoffen die de industrie gebruikt. Vanwege het belang hiervan voor de gemeente Haarlem geven we hieronder enkele analyses hoe met die situatie omgegaan kan worden.

- In de variantanalyses (zie Bijlage B) is ook gekeken naar de situatie waarin er niet 200 MW industriële restwarmte beschikbaar is maar slechts 75 MW, en is tevens gekeken naar de situatie waarin er 200 MW geothermie beschikbaar is in plaats van 200 MW industriële restwarmte. Uit die analyses volgt dat indien er geothermie beschikbaar is in plaats van restwarmte, dat dan het gepresenteerde eindbeeld in Figuur 10 niet wijzigt. Warmte is in de meeste gebieden de goedkoopste optie. Als er veel minder warmte beschikbaar is dan schakelen de modeluitkomsten voor een deel van de buurten over op individuele opties met hogere ketenkosten, zoals CV-ketel met vaste biomassa en groen gas (met meer investeringen in schilisolatie).
 - Als het warmtepotentieel helemaal op nul wordt gezet worden ook voor de andere gebieden in Figuur 31 individuele opties geselecteerd. Dit zijn dus opties met hogere kosten over de keten.
 - Geothermie lijkt dus een goede eerste vervanger voor de industriële restwarmte, en lost bovendien de afhankelijkheid van fossiele brandstof aan de bronzijde op. Echter de landelijke geothermiebeschikbaarheidskaarten van TNO geven aan dat geothermie in het gebied rond Haarlem onzeker c.q. onbekend is, zie ook Figuur 7. Onzeker betekent echter niet onmogelijk, zoals een tuinder in Heemskerk recent heeft laten zien. Het brengt ons tot de aanbeveling aan gemeente en aan de provincie om te zorgen voor duidelijkheid over de beschikbaarheid van geothermie.
 - Een andere manier om met deze situatie om te gaan is om in te zetten op het aansluiten op het regionale warmtenet van de MRA. In dat geval gaat het om een grootschalig net dat gevoed wordt vanuit meerdere warmtebronnen net zoals dat het geval is bij de grote warmtenetten in bijvoorbeeld de Scandinavische landen. In principe is het mogelijk om het regionale net te voeden vanuit bijvoorbeeld geothermiebronnen elders.
- Zie verder ook de algemenere informatie over het handelingsperspectief voor de gemeente in het geval van een collectieve optie in Paragraaf 2.6.

4.3 Kansenkaarten: waar te starten met de warmte-transitie?

In deze paragraaf worden kansenkaarten getoond. Het doel van de kansenkaarten is om antwoord te geven voor de gemeente op de vraag in welke buurten of wijken de warmtetransitie het best gestart kan worden. Daarbij zijn er drie verschillende soorten kansen:

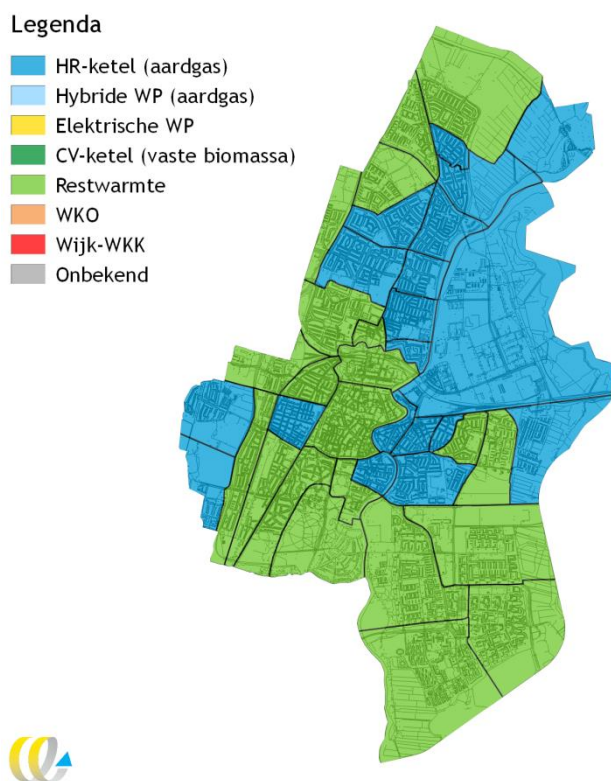
1. **Er moet iets.** Dat is bijvoorbeeld het geval als de riolering in een wijk wordt vervangen, waarbij vaak ook de energie-infrastructuur wordt vervangen. Als het gasnet moet worden vervangen is dat een uitgelezen moment om te bepalen of dat wel de gewenste situatie oplevert, een gasnet gaat immers tenminste 40 tot 50 jaar mee. De netbeheerders gaan graag met de gemeente in overleg over deze situaties. Een ander voorbeeld is als een woningcorporatie in een buurt of blok een grootschalige gebouwrenovatie gaat uitvoeren. Ook dat is een uitgelezen

moment om te beslissen of er voorgesorteerd moet worden op een andere energie-toekomst.

2. **Er kan iets.** Dat is bijvoorbeeld het geval als uit de modelberekeningen blijkt dat de klimaatneutrale oplossing nu al goedkoper is dan de huidige situatie. Een tweede mogelijkheid is dat de klimaatneutrale optie met afstand goedkoper is dan een alternatief, maar echter nog wel duurder dan de huidige niet-klimaatneutrale situatie. Als de kosten op één of andere wijze omlaag kunnen dan ontstaat ook daar een kans.
3. **Men wil iets.** Dat is bijvoorbeeld het geval als er een enthousiaste groep mensen in een buurt of wijk is die aan de slag wil met de warmtetransitie.

In Figuur 17 is de optie met de laagste kosten weergegeven als gerekend wordt met de huidige kostenniveaus en aardgas in plaats van groen gas. Dit is een voorbeeld van de ‘er kan iets’- kans. In deze kaart is de gebouwde omgeving dus niet klimaatneutraal zoals in 2050. De gasopties zijn ook niet beperkt, aangezien er op dit moment voldoende aardgas beschikbaar is voor het verwarmen van de gebouwde omgeving. De kaart laat echter zien dat in sommige buurten restwarmtelevering nu al lagere kosten over de hele keten heeft dan aardgas. Deze buurten bieden dus een kans om te starten met de warmtetransitie.

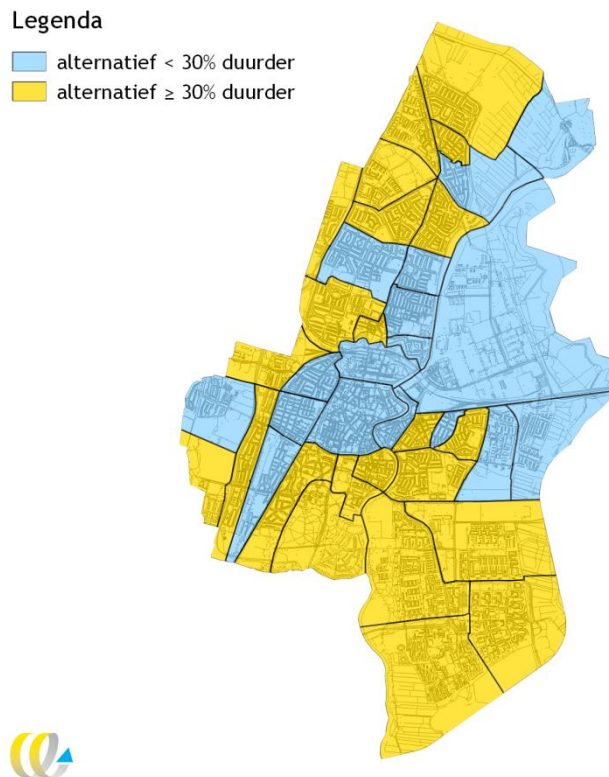
Figuur 17 Goedkoopste optie op basis van de huidige kostenniveaus en bij gebruik van *aardgas i.p.v. groen gas*



In Figuur 18 is het relatieve verschil in totale keten-kosten tussen de goedkoopste optie en de goedkoopste optie met een alternatieve infrastructuur weergegeven. In buurten waar het verschil in kosten klein is, liggen de kostenniveaus van de verschillende opties dicht bij elkaar, waardoor in deze buurten de uitkomst gevoeliger voor veranderingen in kostenparameters en aannames is dan in andere buurten waar dat verschil groter is. In buurten

waar de afstand groot is geldt het omgekeerde. In die buurten is de goedkoopste optie vrij robuust. Dit zijn buurten die kansen bieden om de warmtetransitie te starten.

Figuur 18 Indicatie van de buurten met de grootste afstand in kosten tot het alternatief



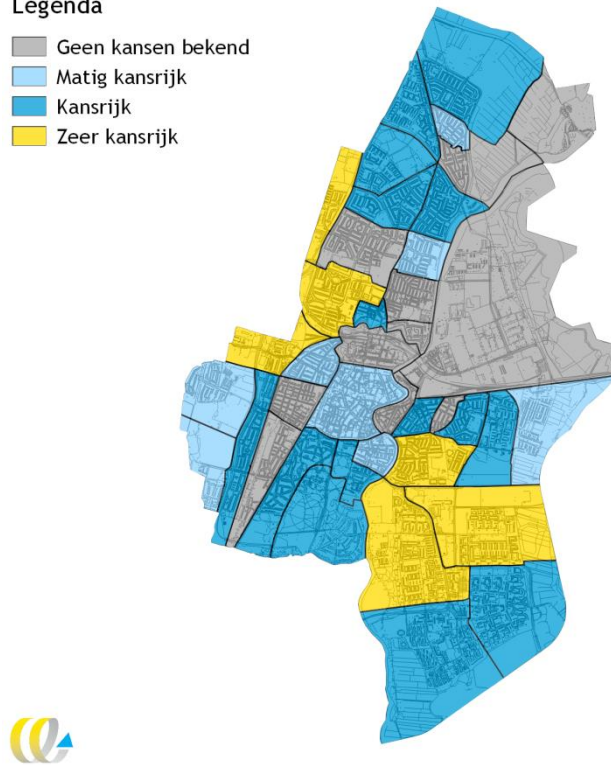
Voor de gemeente Haarlem is een algemene kansenkaart ontwikkeld om aan te geven in welke buurten kansen liggen voor het starten van de warmtetransitie. Deze kaart is weergegeven in Figuur 19. Hierbij is uitgegaan van de volgende aspecten:

- daar waar het verschil in kosten met een alternatieve klimaatneutrale optie het grootst is, is de beste oplossing voor de buurt het meest zeker;
- daar waar een klimaatneutrale optie tegen de huidige kostenniveaus al de laagste kosten over de gehele keten heeft liggen kansen;
- daar waar er sowieso al werkzaamheden gaan plaatsvinden aan de infrastructuur, het riool, het waternet of grootschalige renovaties liggen kansen om aan te sluiten met de warmtetransitie;
- daar waar er bewonerscollectieven actief zijn liggen kansen om te starten met de warmtetransitie.

Figuur 19 Indicatie van kansrijke buurten om de warmtetransitie te starten, op basis van kosten, planningen en bewonerscollectieven

Legenda

- Geen kansen bekend
- Matig kansrijk
- Kansrijk
- Zeer kansrijk



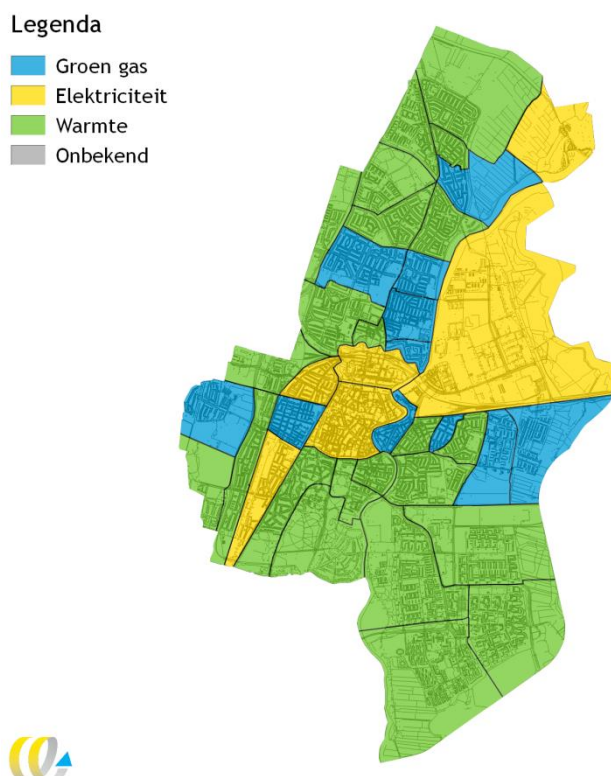
In Figuur 19 zijn deze factoren samengebracht op één kansenkaart. De meest kansrijke gebieden om de warmtetransitie in een buurt te starten zijn die buurten waar meerdere factoren aanwezig zijn. We adviseren om daar te starten met het organiseren van het starten van de warmtetransitie naar klimaatneutraal, en de andere gebieden later in de tijd op te pakken.

5 Conclusies en aanbevelingen

Met het CEGOIA-rekenmodel is nagegaan wat in elke buurt in de gemeente Haarlem de optie is met de laagste kosten over de keten voor een klimaat-neutrale invulling van de warmtevraag van de bestaande bouw. Daaruit wordt voor elke buurt die combinatie gekozen die de laagste kosten over de totale keten heeft, zie het resultaat in Figuur 20. Het model rekent zowel met investeringen in gebouwisolatie en gebouwinstallatie als met investeringen in energie-infrastructuur. Het inzicht welke soort energie-infrastructuur in het eindbeeld als beste optie uit het model volgt is de belangrijkste uitkomst voor de warmtetransitie. Het optimale isolatieniveau van gebouwen is ook een belangrijke uitkomst maar wordt in de praktijk ook meer gestuurd door prijzen in plaats van door ketenkosten, en door comfortwensen.

We benadrukken dat het geen blauwdruk is van hoe het *moet*, maar wel een transparante doorrekening van welke combinatie in een buurt de laagste kosten over de keten heeft. Dit is input voor een proces waarin met stakeholders wordt besloten welke optie voor welke buurt gewenst is. Kosten is een belangrijke factor, maar echter niet de enige factor die van belang is. Het is mogelijk dat uit zo'n proces volgt dat voor een specifieke buurt juist volgt dat een andere optie gewenst is met hogere kosten over de keten, vanwege andere factoren.

Figuur 20 Eindbeeld van de infrastructuur voor een klimaatneutrale warmtevoorziening in 2050



De resultaten laten ook zien dat voor de gemeente Haarlem de verbeteringen van de schil van de gebouwen in het eindbeeld beperkt zijn. De belangrijkste verklaring daarvoor is dat er gerekend is met werkelijke energiebesparingen per woningtype vanuit praktijkervaringen. Daaruit blijkt dat de voorheen gangbare theoretische cijfers over de energiebesparende effecten van schilisolatie te rooskleurig waren.

Warmtedistributie blijkt in Haarlem in veel buurten tot de laagste kosten te leiden. Industriële restwarmte kent in het gebied ook enkele belangrijke onzekerheden met betrekking tot de beschikbare capaciteit op de korte en lange termijn. Daarom adviseren we om in ieder geval te zorgen voor meer duidelijkheid over de beschikbaarheid van geothermie in de regio.

Kansenkaarten: waar te starten met de warmtetransitie?

Naast het eindbeeld is er ook een kanskaart ontwikkeld met daarop aangegeven in welke buurten de grootste kansen liggen om de warmtetransitie te starten. Kansen zijn te verdelen in drie soorten: er moet iets, er kan iets, of men wil iets. De kansrijke buurten liggen daar waar:

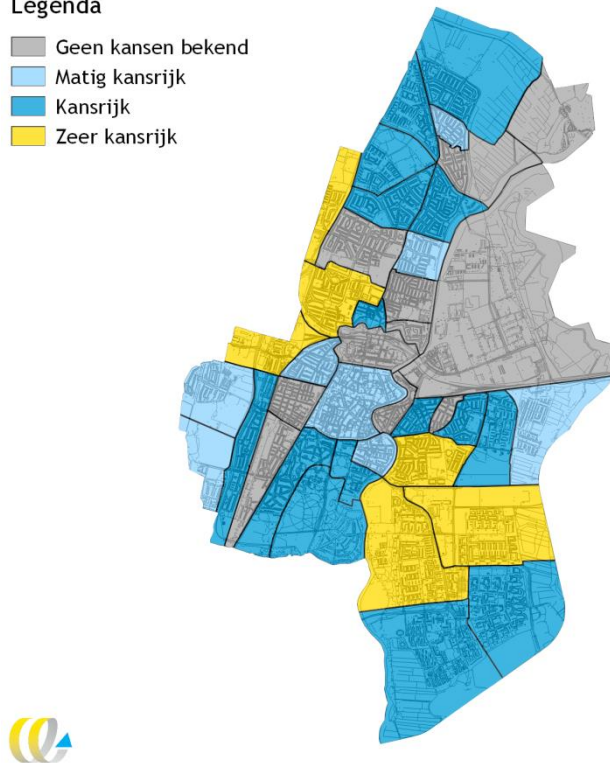
- de kosten om over te stappen op een klimaatneutrale warmtevoorziening nu al lager zijn dan het blijven verwarmen met aardgas;
- de meerkosten om over te stappen op een klimaatneutrale warmtevoorziening het laagst zijn;
- er vervangingswerkzaamheden gepland zijn aan het riool, waternet en/of gasnet (met een tijdshorizon waardoor er tijd is om over alternatieven voor de huidige warmtevoorziening na te denken);
- er actieve bewonerscollectieven aanwezig zijn;
- er grootschalige stadsvernieuwing plaatsvindt.

In Figuur 21 zijn deze factoren samengebracht op één kanskaart. De meest kansrijke gebieden om de warmtetransitie in een buurt te starten zijn die buurten waar meerdere factoren aanwezig zijn. We adviseren om daar te starten met het organiseren van het starten van de warmtetransitie naar klimaatneutraal, en de andere gebieden later in de tijd op te pakken.

Figuur 21 Indicatie van kansrijke buurten om de warmtetransitie te starten, op basis van kosten, planningen en bewonerscollectieven

Legenda

- Geen kansen bekend
- Matig kansrijk
- Kansrijk
- Zeer kansrijk



Wie moet wat doen? Stappenplan

We raden de gemeente allereerst aan om expliciet te kiezen of men koploper wil zijn of juist niet. Bij beide posities horen andere soorten acties, met bijbehorende inzet van menskracht en budgetten.

De warmtetransitie doe je er niet 'even bij'. Het vergt het opzetten van een meerjarenprogramma, iemand die verantwoordelijk is voor de uitvoering van het programma, en politiek draagvlak voor die uitvoering.

Het stappenplan van de algemene aanpak ziet er dan als volgt uit, zowel voor de koplopers als voor de anderen (het verschil zit met name in de omvang van de inzet en in het soort acties dat vervolgens wordt opgezet). De informatie in dit rapport levert de benodigde input om aan de slag te gaan.

1. Start met het probleem centraal te zetten (de waarom-vraag), en niet door een specifieke technische oplossing centraal te zetten.
2. Zorg voor algemene communicatie over het probleem, het belang er van en de urgentie.
3. Geef handvatten aan wie nu al in actie wil komen. Zorg bijvoorbeeld voor neutrale informatie over de verschillende oplossingen, en zorg voor informatie over wat er aan plannen is voor een bepaalde buurt zodat men daar rekening mee kan houden.
4. Stel samen met stakeholders het eindbeeld vast van een klimaatneutrale warmtevoorziening voor de gebouwde omgeving, inclusief gedeelde kennis over de betekenis van dat eindbeeld. De crux is dat er een proces wordt gestart op basis waarvan een plan van aanpak kan worden opgesteld om de warmtetransitie ter hand te nemen, en op basis waarvan individuele gebouweigenaren en -gebruikers weten waar ze rekening mee moeten houden bij hun investeringsbeslissingen.

5. Kies samen met stakeholders waar (welke buurten of wijken) te starten met organiseren van de realisatie van de warmtetransitie.
6. Stel in samenspraak met de stakeholders vervolgens een actieplan op voor die geselecteerde gebieden.

De warmtetransitie van de bestaande bouw staat momenteel sterk in de belangstelling. Een aantal gemeentelijke koplopers is reeds aan de slag om samen met lokale stakeholders daadwerkelijk gebieden aan te wijzen die aardgasvrij zullen worden voor wat betreft de warmtevoorziening, en om vervolgens de realisatie daarvan ook ter hand te nemen. Met andere woorden: de gemeente Haarlem staat hierin niet alleen. We raden aan om zoveel als mogelijk van elkaar te leren, zowel van anderen elders in Nederland, als van andere gemeenten in Noord-Holland, en daar in samenwerking met de Provincie ook een structuur voor op te zetten.



Bijlage A Inputwaarden CEGOIA

A.1 Basisgegevens van de gemeente

De standaard inputgegevens per buurt voor de modelberekeningen zijn afkomstig uit openbare databronnen. Deze databronnen zijn met name:

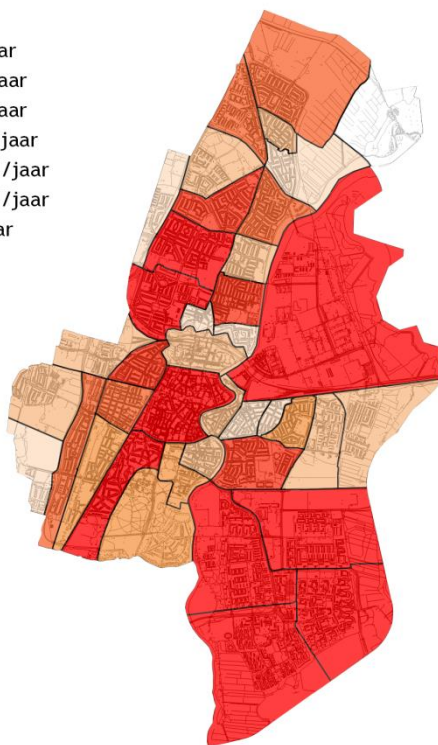
- BAG (Basisregistraties Adressen en Gebouwen, Kadaster): bouwjaar, functie, oppervlak, aantal gebouwen.
- Statline (CBS): energiegebruik huishoudens op buurtniveau (is gebaseerd op Energie in Beeld), eigendomsverhouding, type bouw (gestapeld/grondgebonden).
- EP-online: energielabels gebouwen.
- Verbetering referentiebeeld utiliteitssector (ECN, 2014): besparingspotentieel voor utiliteitsbouw.

Op basis van de gemiddelde verbruiken voor de woningen en standaardvraag voor de utiliteitsbouw per functie en bouwjaar is de totale warmtevraag voor ruimteverwarming in de gebouwde omgeving berekend. Deze warmtevraag is weergegeven in Figuur 22.

Figuur 22 Totale warmtevraag voor ruimteverwarming (woningen en utiliteit) per buurt

Legenda

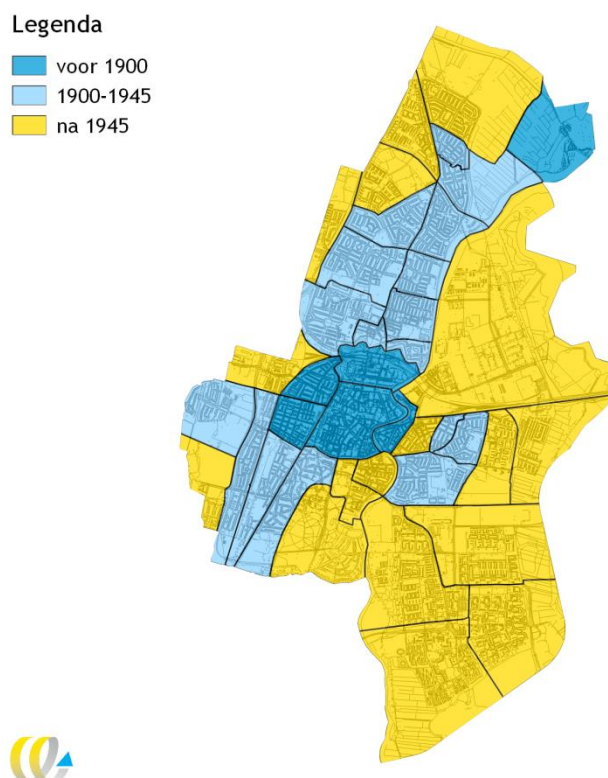
- 0 - 25 MJ/jaar
- 25 - 50 MJ/jaar
- 50 - 75 MJ/jaar
- 75 - 100 MJ/jaar
- 100 - 125 MJ/jaar
- 125 - 150 MJ/jaar
- > 150 MJ/jaar



In Figuur 23 is het dominerend bouwjaar van per buurt weergegeven. Dit dominerend bouwjaar is bepaald op basis van de gegevens uit het kadaster. De bouwperiode is veelal maatgevend voor de energetische kwaliteit van een gebouw en bovendien een indicatie voor de mogelijkheden. De meeste huizen

gebouwd na 1920 hebben bijvoorbeeld een spouw, en voor huizen gebouwd na 1976 is deze verplicht geïsoleerd.

Figuur 23 Dominerend bouwjaar (woningen en utiliteitsgebouwen) per buurt

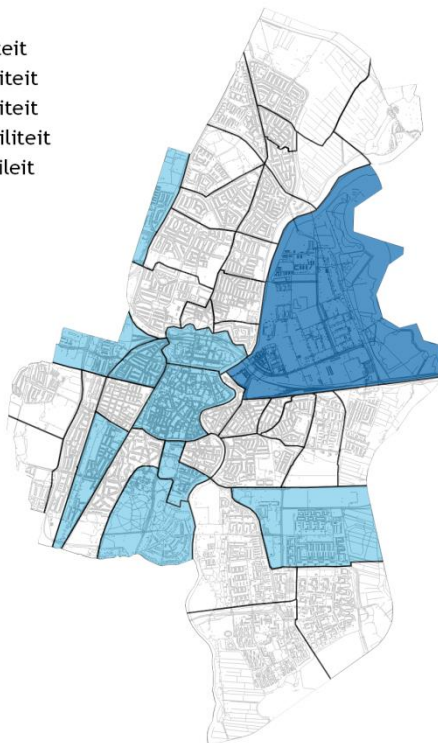


Figuur 24 en Figuur 25 geven inzicht in het type bebouwing per buurt. Het aandeel utiliteitsbouw is bepaald op basis van het aantal woning-equivalenten ten op zichte van het aantal woningen. Hierbij is ervan uitgegaan dat 150 m² utiliteitsbouw gelijk staat aan één woningequivalent.

Figuur 24 Percentage utiliteitsbouw per buurt

Legenda

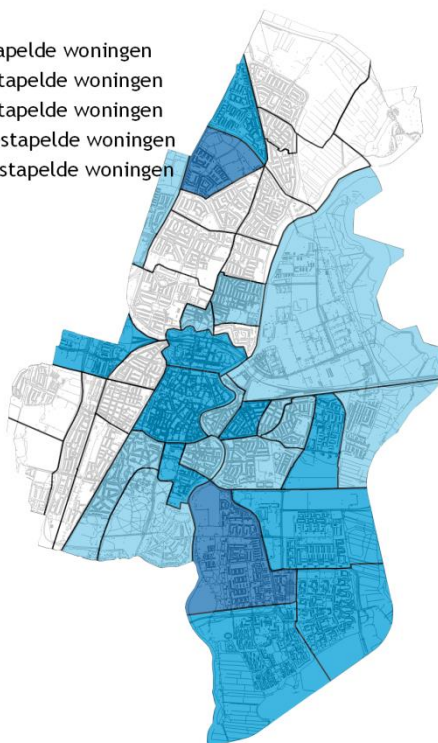
- 0 - 20% utiliteit
- 20 - 40% utiliteit
- 40 - 60% utiliteit
- 60% - 80% utiliteit
- 80 - 100% utiliteit



Figuur 25 Percentage gestapelde woningen per buurt in elke buurt

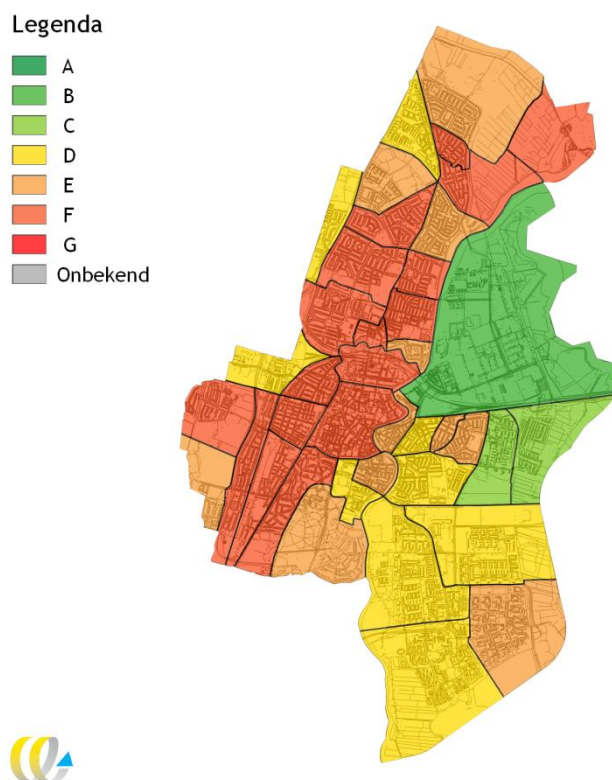
Legenda

- 0 - 20% gestapelde woningen
- 20 - 40% gestapelde woningen
- 40 - 60% gestapelde woningen
- 60% - 80% gestapelde woningen
- 80 - 100% gestapelde woningen



In Figuur 26 is het huidige gemiddelde energielabel van de woningen weergegeven. Dit is op basis van de voorlopige energielabels (op basis van het bouwjaar), aangevuld met definitieve energielabels daar waar bekend. De informatie in de figuur is afkomstig uit de nationale labeldatabase.

Figuur 26 Het huidige gemiddelde energielabel van de woningen per buurt



In de gemeente Haarlem zijn bij de modelberekeningen geen verdere restricties toegepast op de toepassing van WKO en vaste biomassa¹⁴ (houtpellets voor CV-ketel). Er zijn geen huidige warmteconcessiegebieden toegepast in de berekeningen.

A.2 Specifieke gegevens van de gemeente

Van de gemeente Haarlem is specifieke informatie ontvangen betreft:

- planningen werkzaamheden riool tot 2020;
- plannen voor nieuwbouw/stadsvernieuwing;
- aanwezigheid van actieve bewonerscollectieven.

De aanwezigheid van actieve bewonerscollectieven is verwerkt in de kansenkaart, om een indicatie te geven van de buurten die kansrijk zijn om de energietransitie te starten. De plannen voor nieuwbouw en stadsvernieuwing zijn verwerkt in de inputgegevens van de berekeningen. De concrete planningen van de rioolwerkzaamheden lopen tot 2020. Deze termijn wordt te

¹⁴ Het kan zijn dat het gebruik van houtpellets ongewenst wordt bevonden voor de binnenstad, vanwege bijvoorbeeld het daarmee samenhangende transport en de opslag van de pellets. Dat kan een reden zijn om in het eindbeeld die optie alsnog uit te sluiten voor die gebieden.

kort geacht voor de kans om op aan te sluiten met de energie-transitie van een buurt en is daarom niet verwerkt in de kansenkaart.

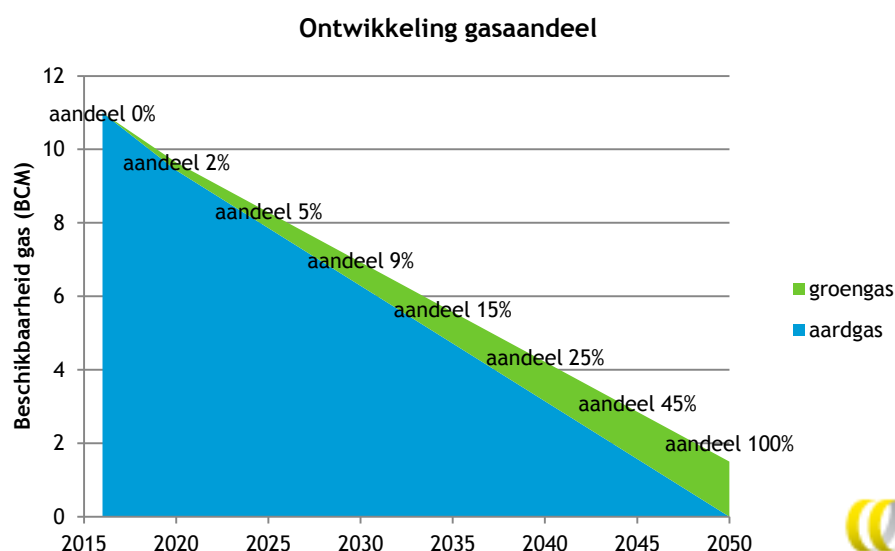
A.3 Andere belangrijke inputgegevens

In deze paragraaf wordt een overzicht gegeven van de gehanteerde energie-kosten van gas en elektriciteit en de gehanteerde discontovoeten en afschrijftermijnen. Overige inputgegevens zijn gegeven in Bijlage A.

Ontwikkeling beschikbaarheid gas en gasprijs

CE Delft neemt aan dat het potentieel van groen gas in 2050 2 bcm (miljard kubieke meter) bedraagt. Omdat groen gas één-op-één uitwisselbaar is met aardgas, wordt in deze studie ervan uitgegaan dat voor de gebouwde omgeving groen gas rechtstreeks beschikbaar is (maximaal 2 bcm gehele gebouwde omgeving; maximaal 1,5 bcm alleen woningen) en dat voor de piekvoorziening van collectieve warmte hernieuwbare gas beschikbaar is. In Figuur 27 wordt het aandeel groen gas weergegeven bij een lineaire toename van groen gas en tegelijkertijd een lineaire afname van de hoeveelheid aardgas in de loop naar 2050.

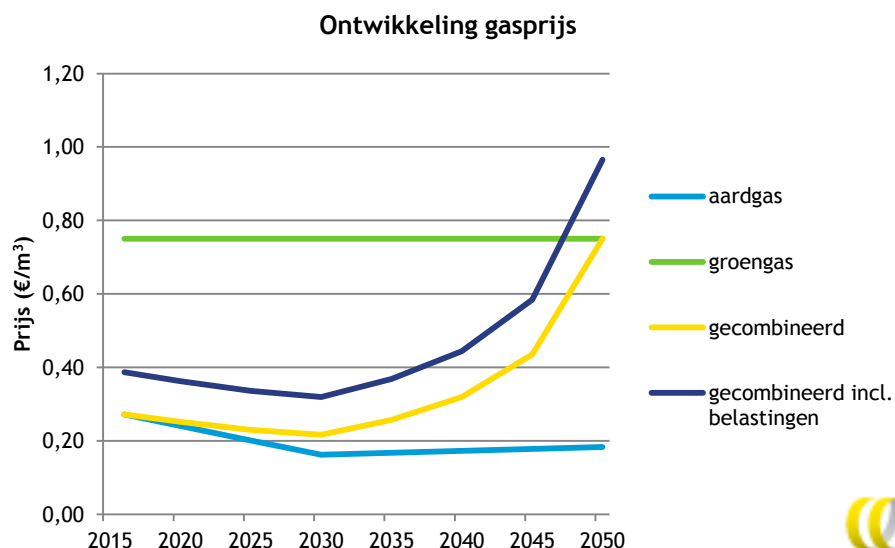
Figuur 27 Ontwikkeling beschikbare hoeveelheid gas met het aandeel groen gas



Voor de ontwikkeling van de aardgasprijs wordt aangesloten bij de studie Welvaart en Leefomgeving¹⁵. Hierbij is gebruikt gemaakt van het scenario 'Hoog'. Voor de groen gasprijs wordt 0,75 €/m³ exclusief belastingen aangenomen. Het model rekent in tussenliggende jaren met een gecombineerde gasprijs op basis van het aandeel aardgas en het aandeel groengas. De opbouw van de gasprijs is weergegeven in Figuur 28.

¹⁵ KLIMAAT EN ENERGIE ACHTERGRONDDOCUMENT, WLO - Welvaart en Leefomgeving, Toekomstverkenning 2030 en 2050, CPB/PBL, 30 maart 2016.

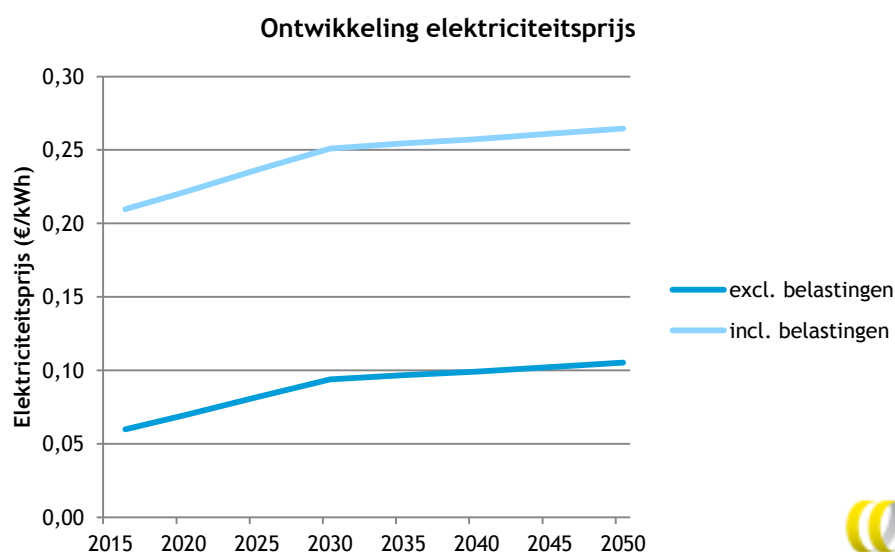
Figuur 28 Ontwikkeling van de gasprijs



Ontwikkeling elektriciteitsprijs

Voor de ontwikkeling van de elektriciteitsprijs wordt ook aangesloten bij het scenario 'Hoog' uit de studie Welvaart en Leefomgeving¹⁵.

Figuur 29 Ontwikkeling elektriciteitsprijs



Gehanteerde discontovoeten en afschrijftermijnen

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 1 en de gehanteerde afschrijftermijnen in Tabel 2.

Tabel 1 Gehanteerde discontovoeten

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

Tabel 2 Gehanteerde afschrijftermijnen

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

Tabel 3 Inputwaarden individuele warmtetechnieken

Techniek	Investering	Leercurve ¹⁶	Rendement ¹⁷	Onderhoud ¹⁸
HR-ketel	€ 1.500	Langzaam	0,94/0,70	2%
Hybride warmtepomp (buitenlucht)	€ 5.000	Snel	Variabel ¹⁹	2%
Hybride warmtepomp (ventilatie)	€ 4.023	Snel	Variabel ¹⁹	2%
Elektrische lucht-warmtepomp	€ 8.000	Snel	3,7/-	2%
Elektrische bodemwarmte-pomp	€ 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 4 Inputwaarden collectieve warmtetechnieken

Techniek	Investering	Leercurve ¹⁶	Onderhoud ¹⁸
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%

¹⁶ Zie Figuur 30.

¹⁷ Het rendement voor ruimteverwarming/warm tapwater

¹⁸ De jaarlijkse onderhoudskosten zijn uitgedrukt als percentage van de investering.

¹⁹ Zie Tabel 5.



Tabel 5 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

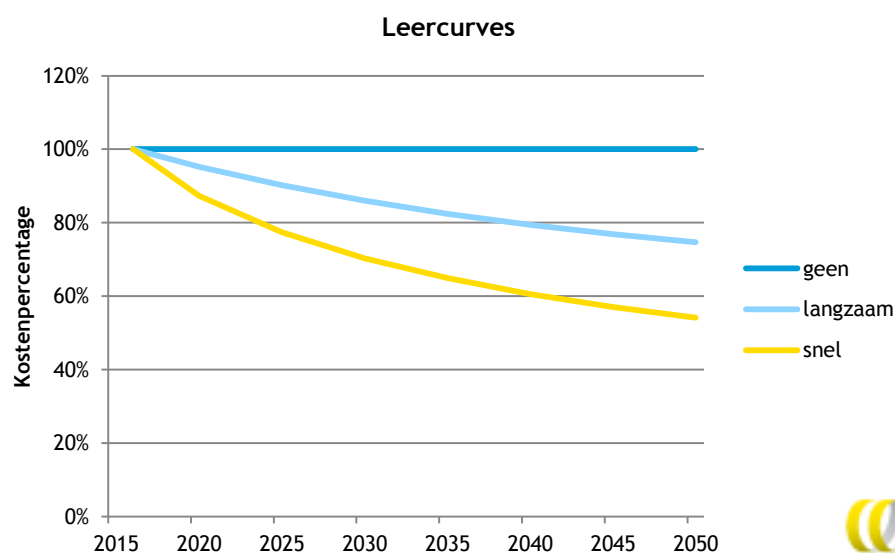
Tabel 6 Inputwaarden afgiftesystemen per bruto vloeroppervlak

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

Tabel 7 Inputwaarden overige technieken

Techniek	Investering	Leercurve ¹⁶	Rendement	Onderhoud ¹⁸
Monoblock koelsysteem	€ 1.000	Snel	0,40	0%
Mechanische ventilatie	€ 377	Snel	0,80	2%
WTW - douche pijp	€ 487	Snel	50% besparing ²⁰	2%
Zonneboiler voor warm tapwater	€ 2.524	Snel	50% besparing ²⁰	2%
Zon-PV	285 €/m ²	Snel	150 kWh/m ²	0%

Figuur 30 Leercurves op investeringen door innovaties



²⁰ De installatie zorgt voor een besparing van 50% op de warm tapwatervraag.



Tabel 8 Besparing op de warmtevraag voor ruimteverwarming van woningen per schilstep

Schil	A+ ²¹	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 9 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	-	-	-	-	-	-	-

Tabel 10 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.

²¹ Het label A+ wordt enkel toegepast in combinatie met een elektrische warmtepomp en zonnepanelen: de zogenaamde Nul-op-de-Meter woning.

Tabel 11 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
	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
Cel	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 12 Overige energievragen van woningen

Woningschil	Ventilatie (GJ/m ²)	Koude (GJ/m ²)	Hulpenergie (GJ/m ²)	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 13 Overige energievragen van utiliteit

BAG-functie	Ventilatie (GJ/m ²)	Koude (GJ/m ²)	Hulpenergie (GJ/m ²)	Koudevraag (GJ/m ²)	Warm tapwater (GJ/m ²)
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 14 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 15 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 16 Inputwaarde netverzwaring elektriciteit

Techniek	Isolatieschil	Netverzwaring ²² (kW)
Bodemwarmtepomp	A+	0,5
	A	1,1
	B	1,7
Lucht-waterwarmtepomp	A+	1,9
	A	4,1
	B	7,2

Tabel 17 Productiekosten warmtebronnen

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

Tabel 18 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 19 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

²² Inclusief gelijktijdigheidsfactor.



Tabel 20 Belastingtarieven 2016

Onderdeel	Woningen	Utiliteit
BTW	21%	21%
Opslag duurzame energie gas	1,13 €ct/m ³	1,13 €ct/m ³
Opslag duurzame energie elektriciteit	0,56 €ct/kWh	0,43 €ct/kWh
Energiebelasting gas	25,168 €ct/m ³	25,168 €ct/m ³
Energiebelasting elektriciteit	10,07 €ct/kWh	3,67 €ct/kWh
Belastingvermindering	€ 310,81	€ 0

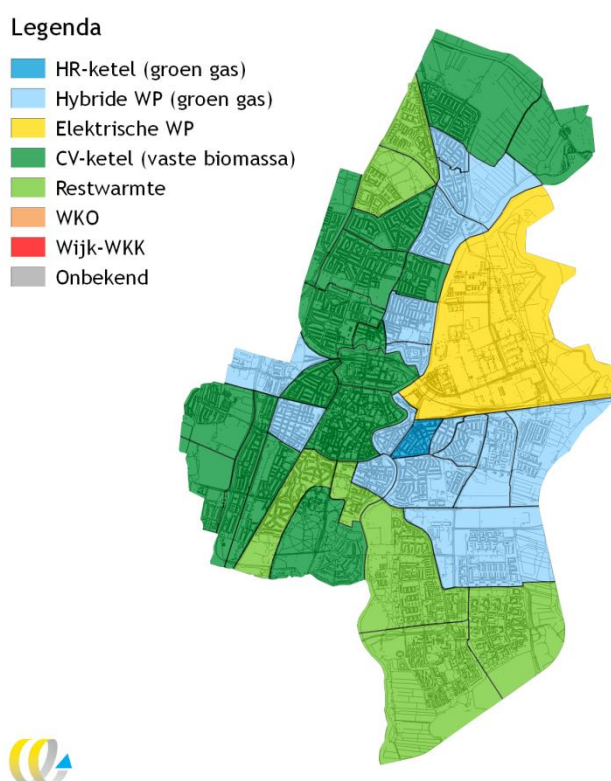


Bijlage B Variantanalyses

In de berekeningen is uitgegaan van 200 MW beschikbare industriële restwarmte. De beschikbaarheid van restwarmte in 2050 is echter niet zeker. Ook de beschikbaarheid van die capaciteit aan industriële restwarmte op de korte termijn is niet zeker. Daarom zijn er ook variantberekeningen gedaan met een capaciteit aan industriële restwarmte van 75 MW, en een variant met geothermie als bron in plaats van restwarmte. Zie voor een nadere bespreking ook Paragraaf 4.2.

In Figuur 31 is het eindbeeld op techniekniveau gegeven bij de verminderde hoeveelheid beschikbare restwarmte.

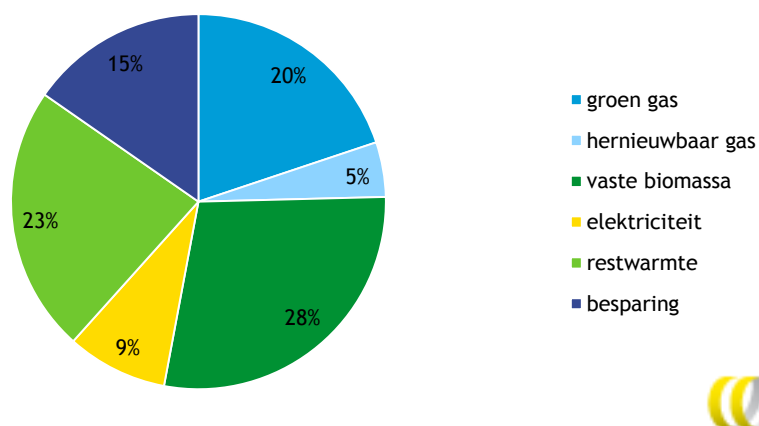
Figuur 31 Eindbeeld van de klimaatneutrale warmtevoorziening in 2050 bij een restwarmtecapaciteit van 75 MW in plaats van 200 MW



Veel buurten die bij 200 MW op restwarmte uitkwamen zijn nu overgegaan naar de CV-ketel op vaste biomassa. Een paar buurten zijn ook overgegaan op groen gas opties. De gehanteerde groen gas limiet is niet gewijzigd, maar er kunnen meer buurten gebruik maken van groen gas opties doordat er meer bespaard wordt (meer investeringen in gebouwisolatie). Dit blijkt ook uit Figuur 32.

Figuur 32 Verdeling van het energieverbruik voor de klimaatneutrale warmtevoorziening in de gebouwde omgeving in 2050 bij een restwarmtecapaciteit van 75 MW in plaats van 200 MW

Energieafname t.b.v. warmtevoorziening gebouwde omgeving in 2050 (TJ/jaar)



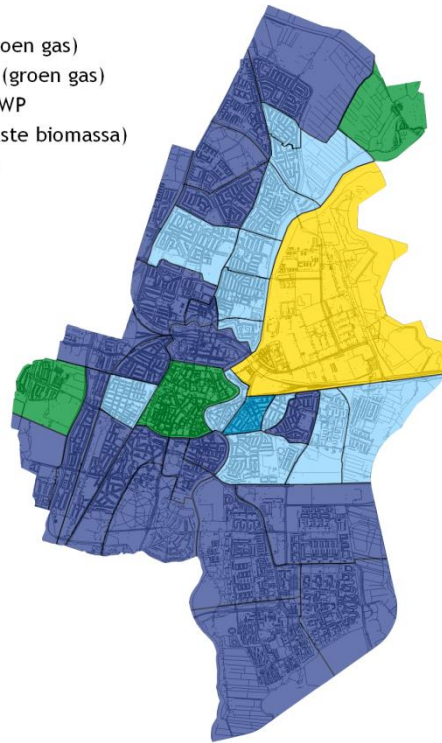
Bij de verminderde capaciteit restwarmte wordt er 15% bespaard in plaats van 8%. Het aandeel vaste biomassa in het totale energieverbruik neemt ook toe.

Naast de verminderde hoeveelheid restwarmte is ook gerekend met een beschikbare hoeveelheid *geothermie* van 200 MW in plaats van de 200 MW aan *restwarmte*. Het blijkt dat in veel buurten waar restwarmte de goedkoopste optie is, geothermie het goedkoopste alternatief is. In de toekomst is er dan ook potentie (op basis van kosten) om de restwarmtebron te vervangen met geothermiebronnen. In Figuur 33 is het eindbeeld op basis van geothermie weergegeven.

Figuur 33 Eindbeeld van de klimaatneutrale warmtevoorziening in 2050 200 MW aan geothermie in plaats van 200 MW aan restwarmte

Legenda

- HR-ketel (groen gas)
- Hybride WP (groen gas)
- Elektrische WP
- CV-ketel (vaste biomassa)
- Geothermie
- WKO
- Wijk-WKK
- Onbekend



Tot slot is een variantberekening gedaan waarbij de CV-ketel op vaste biomassa is uitgesloten als mogelijke optie. Het eindbeeld voor de gemeente Haarlem zonder inzet van de CV-ketel op vaste biomassa is weergegeven in Figuur 34.

Wanneer deze uitkomst wordt vergeleken met die van de basisrun uit Figuur 12 dan valt op dat de meeste de buurten die eerst waren toegewezen aan de optie 'CV-ketel op vaste biomassa' nu zijn toegewezen aan de optie 'Elektrische warmtepomp', waar ook een aanmerkelijk zwaarder isolatieniveau van de gebouwen bij hoort. Het betreft in beide gevallen zogenaamde individuele opties. Verder valt op dat een andere buurt nu is toegewezen aan de optie 'Hybride warmtepomp (groen gas)' waardoor vanwege de beperkte beschikbaarheid van groen gas ook in enkele andere buurten die eerder aan groen gas waren toegewezen verschuivingen zijn ontstaan, specifiek naar 'Elektrische warmtepomp' en naar 'Wijk-WKK'.

Figuur 34 Eindbeeld van de klimaatneutrale warmtevoorziening in 2050 zonder gebruik van vaste biomassa

Legenda

-  HR-ketel (groen gas)
-  Hybride WP (groen gas)
-  Elektrische WP
-  Restwarmte
-  WKO
-  Wijk-WKK
-  Onbekend

