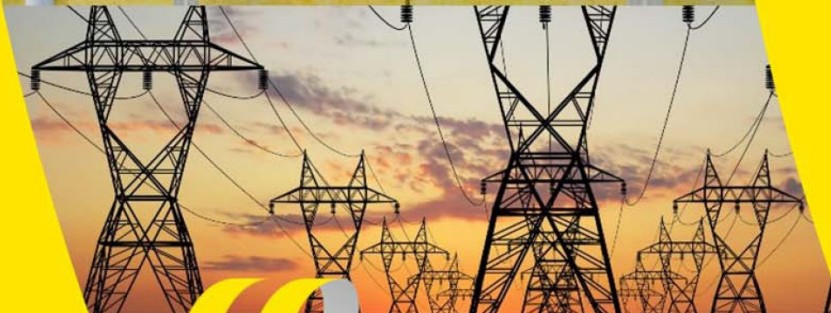




Diemen zonder aardgas

De mogelijkheden voor een
klimaatneutrale warmtevoorziening



CE Delft

Committed to the Environment

Diemen zonder aardgas

De mogelijkheden voor een klimaatneutrale warmtevoorziening

Dit rapport is geschreven door:

Cor Leguijt

Benno Schepers

Marijke Schuurbiers

Jaco Blommerde

Delft, CE Delft, oktober 2017

Publicatienummer: 17.3i67.148

Opdrachtgever: Provincie Noord-Holland & Gemeente Diemen.

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 Diemen 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 bevatten die nodig zijn 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 Diemen 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	12
1.1	Doel en opzet van het project	12
1.2	Afbakening	13
1.3	Leeswijzer	13
2	Wie moet wat doen?	14
2.1	Hoe dit hoofdstuk te lezen	14
2.2	Wat voor soort gemeente ben je?	14
2.3	Algemene aanpak, stappenplan	15
2.4	Algemene communicatie	16
2.5	Voor wie alvast aan de slag wil	17
2.6	Wat als de voorkeursoptie collectief is, zoals een warmtenet?	17
3	CEGOIA - beknopte modeluitleg	20
3.1	Buurtniveau als basis	20
3.2	Totale keten-kosten	21
3.3	Van investering naar jaarlijkse kosten	22
3.4	De gebouwde omgeving	22
3.5	Buurtindeling	23
3.6	Restwarmtebronnen en toewijzing	23
3.7	Beschikbaarheid groen gas en toewijzing	25
3.8	Potentie geothermie	25
3.9	Toepasbaarheid van WKO	26
4	Uitkomsten	28
4.1	Eindbeeld: klimaatneutrale warmtevoorziening	28
4.2	Nadere analyse eindbeeld	36
4.3	Kansenkaarten: waar te starten met de warmte-transitie?	36
5	Conclusies en aanbevelingen	41
Bijlage A	Inputwaarden CEGOIA	45
A.1	Basisgegevens van de gemeente	45
A.2	Specifieke gegevens van de gemeente	50
A.3	Andere belangrijke inputgegevens	51
Bijlage B	Variantanalyses	60



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: warmte 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 kan zien. 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 Diemen, 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 zijn². Wat warmtedistributie betreft zijn hoge temperatuur warmtebronnen in de beschouwing meegenomen, zoals geothermie en industriële rest- of aftapwarmte voor zover beschikbaar. Laag temperatuurwarmtebronnen, 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 wijdere 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 waaromvraag), 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. Hierbij past ook het opnemen van de warmtetransitie in de prestatieafspraken met woningcorporaties.
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

² Zoals afgesproken in het energieakkoord en in lijn met de doelstellingen van de provincie wordt aangenomen dat in 2050 alle gebruikte energiedragers klimaatneutraal zijn, zowel groengas, elektriciteit, (rest)warmte en vaste biomassa.



- 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 actieplan³ 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 keten-kosten⁴ weergegeven per buurt in de gemeente Diemen. 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.

³ 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.

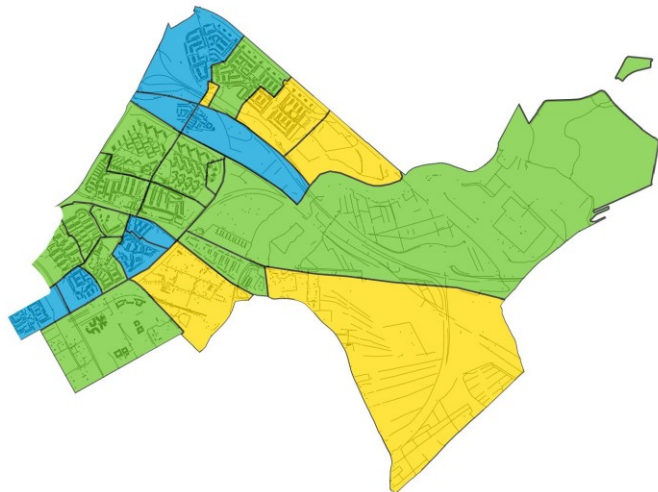
⁴ De laagste ketenkosten in het jaar 2050.



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. Lokale mogelijkheden, zoals bijvoorbeeld energie-uitwisseling met een kassencomplex of met een bedrijventerrein, kunnen in het bovengenoemde stakeholderproces worden meegenomen (maar vallen als zijnde lokaal maatwerk buiten de scope van deze rapportage).

Het eindbeeld laat niet één type energie-infrastructuur zien, maar er zijn buurten met (groen) gas en buurten met warmte-infrastructuur. De optie met de laagste kosten is afhankelijk van de specifieke buurteigenschappen. 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 verwijderd⁵ en worden de gebouwen aangesloten op een warmtenet. De investering in aanleg van een warmtenet is hoog en daarom is het

⁵ De kosten voor het verwijderen van het gasnet worden ook meegerekend.

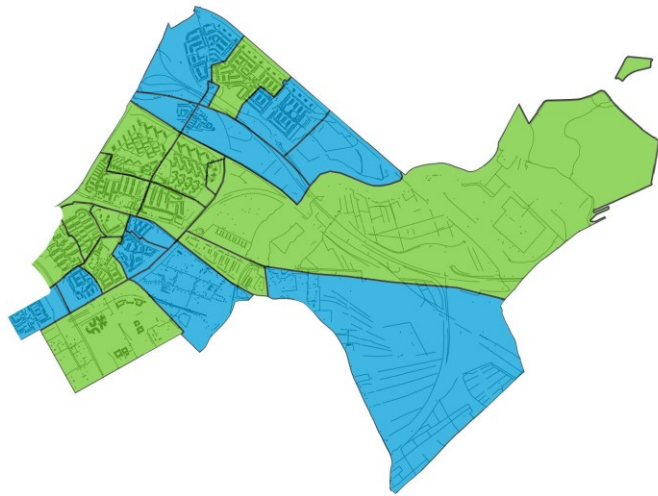


belangrijk dat vrijwel alle gebouwen in de buurt deelnemen. Dit vergt een collectieve aanpak. Bij elektriciteitslevering wordt het gasdistributienet ook verwijderd en wordt in de warmtevraag voorzien met behulp van elektriciteit of andere individueel toepasbare oplossingen. Een indeling van de buurten op basis van collectieve en individuele oplossingen in 2050 is gegeven in Figuur 2⁶.

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

Legenda

- Individuele optie
- Collectieve optie
- Onbekend



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 wordt uitgegaan van het Grand Design van het MRA warmtenet inclusief beschikbaarheid van geothermie, de situatie dat er juist veel minder restwarmte beschikbaar is én geen geothermie, en de situatie dat alle woningen ten minste een isolatieniveau krijgen dat overeenkomt met label B. 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

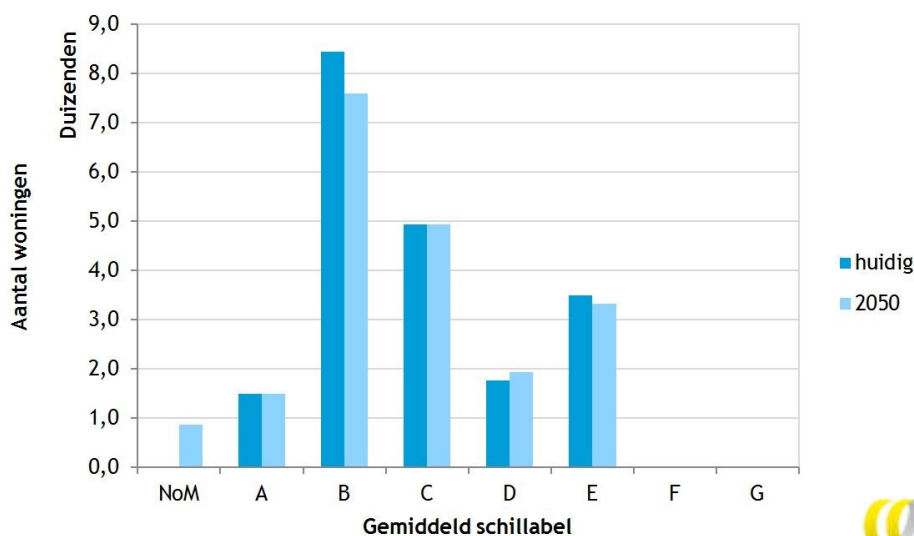
⁶ De uitkomsten zijn niet absoluut, maar gelden voor de gemiddelde eigenschappen van een buurt. In een buurt met individuele oplossingen kan bijvoorbeeld prima een complex op een WKO worden aangesloten.



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 Diemen de verbeteringen van de schil van de woningen in het eindbeeld beperkt zijn. Onder andere is zichtbaar dat een aantal woningen die nu schilisolatie horend bij label B hebben verschuiven naar een zware Nul-op-de-Meter (NoM) schilisolatie, 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. reboundeffecten). 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 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 meeste 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 ketenkosten 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 gasnet⁷ (met een tijdshorizon waardoor er tijd is om over alternatieven voor de huidige warmtevoorziening na te denken);
- er actieve bewonerscollectieven aanwezig zijn;
- er grootschalige (schil)renovaties door een woningcorporatie gepland zijn of anderszins grootschalige stadsvernieuwing gepland is.

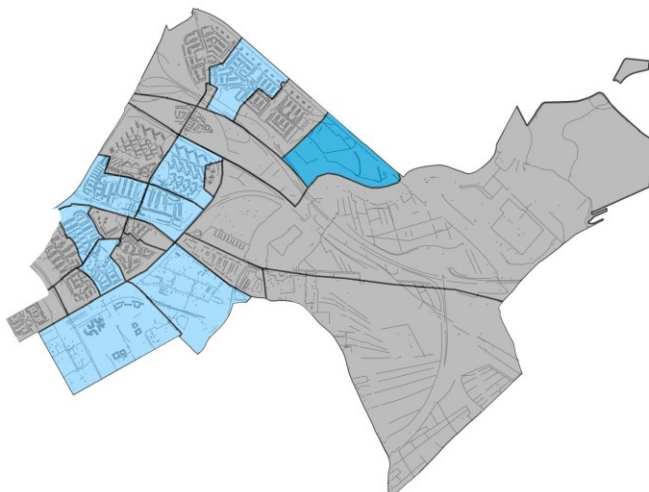
In Figuur 4 zijn deze factoren samengebracht op één kansenkaart. In het betreffende hoofdstuk worden verschillende factoren apart getoond. De meest kansrijke gebieden om de warmtetransitie in een buurt te starten zijn die buurten waar meerdere factoren aanwezig zijn. We adviseren om daar te starten met het organiseren van de warmtetransitie naar klimaatneutraal, en de andere gebieden later in de tijd op te pakken. We benadrukken hierbij dat de voor de kansenkaarten benodigde informatie niet altijd beschikbaar was voor deze rapportage, bijvoorbeeld over renovatieplannen van woningcorporaties of over vervangingen van ondergrondse infrastructuur. In dat geval kan het zijn dat de hier gepresenteerde kansenkaart weinig mogelijkheden laat zien om te starten met de warmtetransitie, terwijl dat in de praktijk wellicht anders kan zijn. Ook kunnen er nog aanvullende factoren zijn die een buurt kansrijk maken en is de kaart ook zeker niet statisch in de tijd. Op basis van het hierboven gepresenteerde lijstje met soorten kansen kan de gemeente in dat geval zelf een goede aanvulling maken.

⁷ Stedin heeft open data omtrent gasvervanging op de site staan: <https://www.stedin.net/zakelijk/open-data/gasvervangingsdata>

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 verwarmd⁸, 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 staat⁹. 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-regio¹⁰ zijn 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.

⁸ De energievraag van een gemiddelde Nederlandse woning bestond in 2015 voor 80% uit gasvraag (voor ruimteverwarming, tapwaterverwarming en koken) en 20% uit elektriciteitsvraag (secundaire energie, uit het net). Bron: CBS.

⁹ 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.

¹⁰ Bestaande samenwerkingsregio's t.b.v. Regionale Actie Programma's wonen.



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

1.2 Afbakening

Deze rapportage behandelt het klimaatneutraal invullen van de warmtevraag van de bestaande bouw in elke buurt in de gemeente Diemen, 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 zijn¹¹. Wat warmtedistributie betreft zijn zgn. hoge temperatuur warmtebronnen in de beschouwing meegenomen, zoals geothermie en industriële rest- of aftapwarmte voor zover beschikbaar. Laag temperatuurwarmtebronnen, 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 eventueel beschikbare restwarmtebronnen in het gebied. Alle verdere detailinformatie is 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.

¹¹ Zoals afgesproken in het energieakkoord en in lijn met de doelstellingen van de provincie.



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. Hierbij past ook het opnemen van de warmtetransitie in de prestatieafspraken met woningcorporaties.
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 gebouw eigenaren 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 kansencarten 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 enquête¹² 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.

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.

¹² 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 dergelijke¹³.

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

¹³ 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 of geothermie 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. Vooral de kosten van geothermie zijn onzeker en kunnen mee- of tegenvallen.

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 eventuele 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 project¹⁴. 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,

¹⁴ Zie ook de toelichting bij Figuur 3.

woningtype), het bouwjaar van de gebouwen, de gebouwfuncties (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 (energiegebruik), 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 centrale warmtebron 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 (houtpellets¹⁵).
7. Restwarmte.
8. Geothermie.
9. Wijk-WKK.
10. WKO.

¹⁵ Houtpellets zijn korrels samengeperst verpulverd hout.

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 schileis 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 huidig label C en beter¹⁶. 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 discontoet 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 nieuwbouw-

¹⁶ Er is in de modelberekeningen aangenomen dat deze optie t.z.t. ook toepasbaar is in de gestapelde bouw.



plannen wel uitgevraagd bij de gemeente en daar waar relevant qua volumes ook meegenomen in de modelberekeningen.

3.5 Buurtindeling

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

Figuur 5 Buurtindeling gemeente Diemen



3.6 Restwarmtebronnen en toewijzing

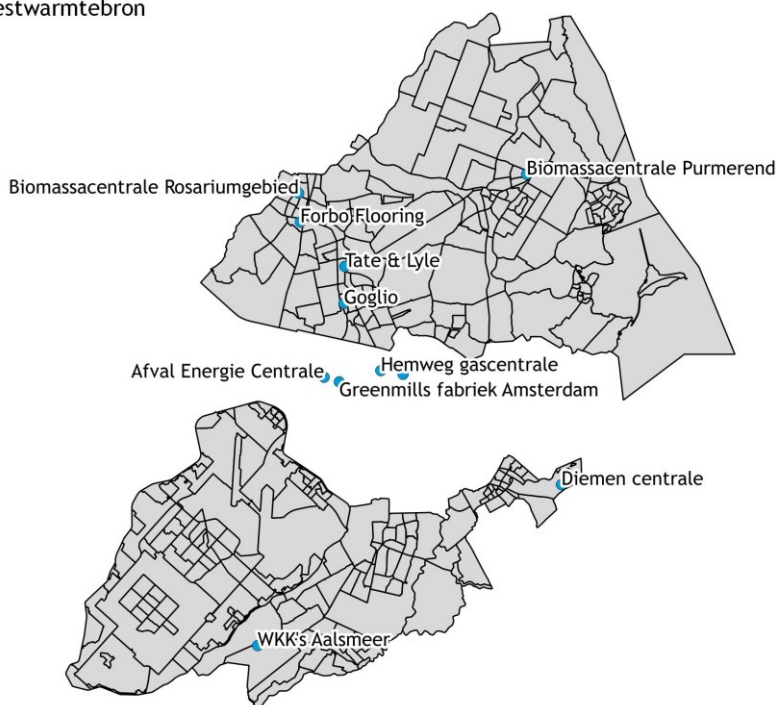
De gemeente Diemen is onderdeel van de RAP-regio Metropoolregio Amsterdam. In het project worden in de berekeningen alle hoge temperatuur restwarmtebronnen meegenomen die in deze regio bekend zijn, deze zijn indien aanwezig of gepland getoond in Figuur 6. Deze bronnen zijn afgeleid uit de kaart 'Ligging industrie en CO₂-emissies' van RVO. Alleen industriële bronnen met een berekende energievraag groter dan 400 TJ/jaar zijn opgenomen in Figuur 6. De informatie is afgestemd in de gevoerde werksessies in de regio en met het MRA-warmteteam. Voor de goede orde: m.b.t. de industrieën is aangenomen dat de warmte beschikbaar is tegen de aangenomen kostprijzen, dit is iets dat in het vervolgproces in de praktijk

nagegaan zal moeten worden, bij de betreffende industrieën spelen immers ook andere belangen.

Figuur 6 Indicatie van aanwezige restwarmtebronnen in de regio

Legenda

- Restwarmtebron



In onderstaande tabel zijn de capaciteiten per warmtebron weergegeven. In deze regio is bij de modelering van restwarmte rekening gehouden met een regionaal warmtenet waarop alle bronnen zijn aangesloten. Buurten worden niet gekoppeld aan een specifieke warmtebron, maar de kosten om een buurt aan te sluiten op een regionet worden berekend¹⁷. Van de totale capaciteit is 335 MW_{th} gealloceerd aan de gemeente Amsterdam.

Tabel 1 Capaciteit per restwarmtebron

Naam	Eigenaar	Capaciteit (MW _{th})
Afval Energie Centrale	AEB	175
Diemen centrale	Nuon	370
Goglio	Goglio North Europe B.V.	1
Greenmills fabriek Amsterdam	Orgaworld	4
Biomassacentrale Purmerend	Stadsverwarming Purmerend	44
Biocentrale	Biocentrale	22
WKK's Aalsmeer	Aalsmeer	125
Hemweg gascentrale	Nuon	260
Forbo Flooring	Forbo Flooring B.V.	1
Tate & Lyle	Tate & Lyle Netherlands BV	1
Biomassacentrale Rosariumgebied	Gemeente Zaanstad	7

¹⁷ Hierbij wordt rekening gehouden met een stukje transportpijp voor iedere buurt met een warmtenet, maar er is geen daadwerkelijk tracé bepaald.

Onzekerheden in de toekomstige beschikbaarheid van industriële restwarmtebronnen in de regio zijn in deze rapportage ondervangen door te werken met variantanalyses. Die zijn opgenomen in de Bijlage.

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 Nederland¹⁸. Aangezien de gebouwde omgeving nu relatief veel betaalt voor het verbruik van aardgas (t.o.v. bijvoorbeeld de aardgasprijs voor industrie en voor energiecentrales) achten we het aannemelijk dat er 1,5 bcm van het groene gas beschikbaar zal zijn voor de woningen. Het aandeel groen gas voor de regio Metropoolregio Amsterdam 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 54,2 miljoen kubieke meter groen gas voor de hele regio¹⁹. 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

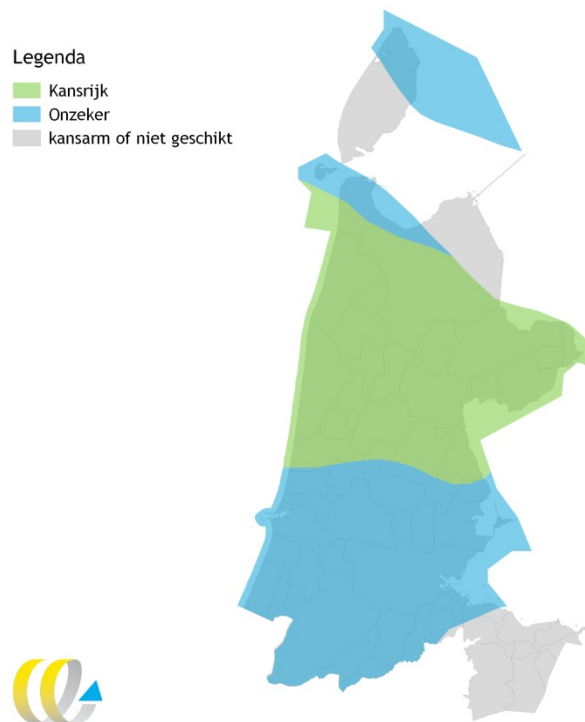
De provincie heeft onderzoek (Geothermie in Noord-Holland, Grontmij Nederland bv, 2008.) laten doen naar de mogelijkheden van geothermie. In Figuur 7 zijn de kansrijke gebieden voor de winning van geothermische energie aangegeven. De gemeente Diemen ligt in een gebied dat als 'onzeker' voor geothermie is aangewezen, hetgeen ook de categorie 'onbekend' omvat. Verder onderzoek zal de precieze mogelijkheden van geothermie in deze regio duidelijk moeten maken. In de basisrun-berekeningen is geothermie niet meegenomen als optie. In Bijlage B is een variantanalyse opgenomen waarin geothermie wél in de hele regio beschikbaar is.

¹⁸ Bron: Routekaart Hernieuwbaar Gas van Groen Gas Nederland. Het betreft een technisch potentieel in 2030 op basis van binnenlandse biomassastromen.

¹⁹ Deze aanpak is bij aanvang van het project afgestemd met de provincie.



Figuur 7 Geothermie potentie in Noord-Holland²⁰



3.9 Toepasbaarheid van WKO

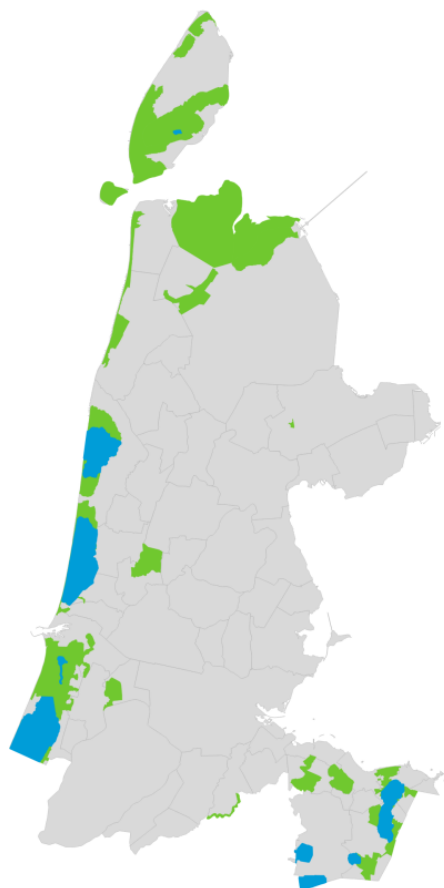
WKO staat voor warmte- en koudeopslag. In het model wordt gerekend met een centraal open grondwatersysteem en een lokaal distributienet. Open WKO-systemen kunnen grote invloed hebben op de ondergrondse omgeving. Om negatieve effecten te voorkomen zijn open WKO-systemen niet overal toegestaan. In de provincie 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.

²⁰ NB: onzeker kan ook zijn: onbekend.

Figuur 8 WKO-restrictiegebieden in Noord Holland

Legenda

- Grondwaterbescherming
- Aardkundig monument



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. In het eindbeeld zijn alle energiedragers klimaatneutraal.

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, geothermie 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.

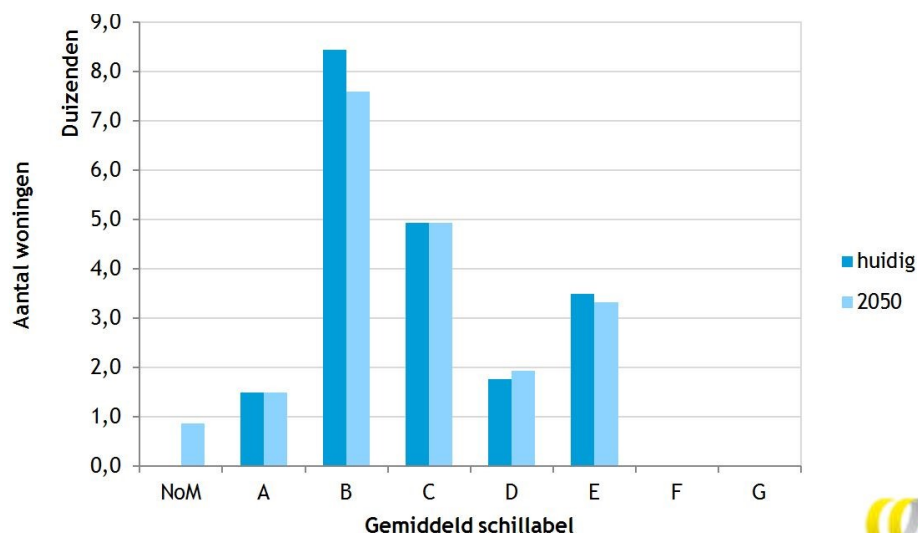
In Paragraaf 4.2 staan enkele nadere analyses van het eindbeeld opgenomen.

De resultaten laten zien dat voor de gemeente Diemen de verbeteringen van het isolatieniveau²¹ 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. reboundeffecten). 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 in 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.

²¹ 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 het isolatieniveau van woningen in het eindbeeld t.o.v. nu

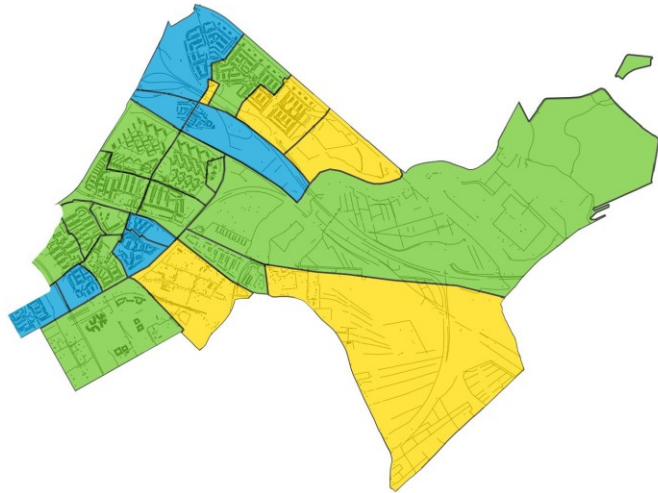


In Figuur 10 is de infrastructuur weergegeven die hoort bij de optie met de laagste kosten. Hierbij is rekening gehouden met een beperkte hoeveelheid groen gas en restwarmte, waardoor sommige buurten naar een duurdere optie moeten uitwijken. Deze toewijzing gebeurt op basis van het relatieve kostenverschil 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. Alle gebruikte energie is in het eindbeeld klimaatneutraal

Legenda

- Groen gas
- Elektriciteit
- Warmte
- Onbekend

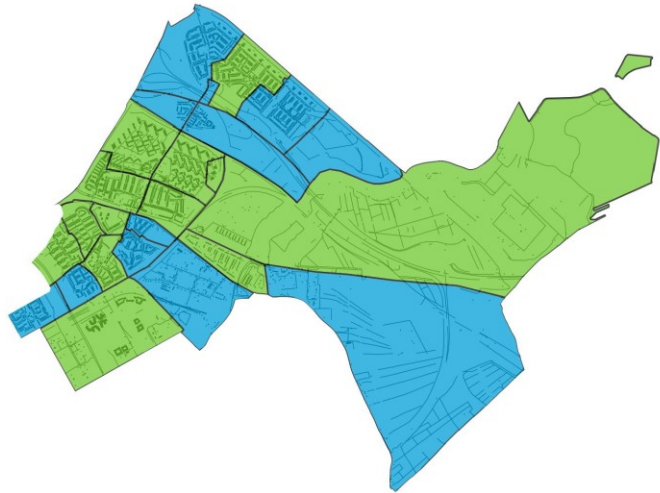


Het eindbeeld laat verschillende infrastructuren zien in de gemeente. De infrastructuur voor groen gas is dezelfde als het huidige aardgasnet. Groen gas heeft namelijk dezelfde kwaliteiten als aardgas en kan daarom één-op-één worden uitgewisseld met aardgas. Groen gas is echter wel een stuk duurder dan aardgas en bovendien in veel mindere mate beschikbaar dan het huidige aardgas. De meeste buurten veranderen in de modeluitkomsten van infrastructuur ten opzichte van de huidige situatie. Een deel van die buurten gaat over op een (hoge temperatuur) warmtenet, gevoed door een rest-warmtebron, uiteraard zal dat in de praktijk alleen in de dichtbebouwde delen van de buurt worden aangelegd. Bij aansluiting op een warmtenet zijn er enkele gebouwaanpassingen nodig, zoals het installeren van een warmte-wisselaar. Ook zal het gasdistributienet 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 (mits het gebouw uiteraard al comfortabel genoeg is).. Het onderscheid tussen 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



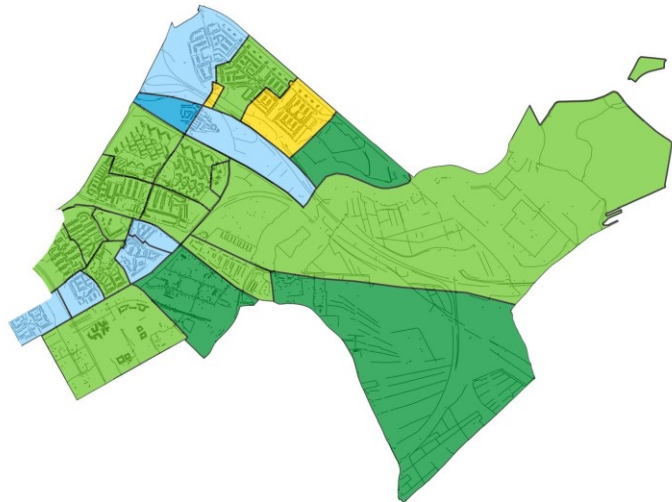
Bij collectieve opties is er geen opwekinstallatie op gebouwniveau, maar wordt de warmte geleverd via een warmtenet. De infrastructuur van een collectieve optie is duur en daarom is het van belang dat alle gebouwen in een gebiedje worden aangesloten op het net. Het aanhouden van een gasnet naast het 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 verzwaaard. In Figuur 12 is het eindbeeld weergegeven op techniekniveau.

Figuur 12 Eindbeeld van de klimaatneutrale warmtevoorziening in 2050 (getoond is de energievoorziening van de woningen)

Legenda

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



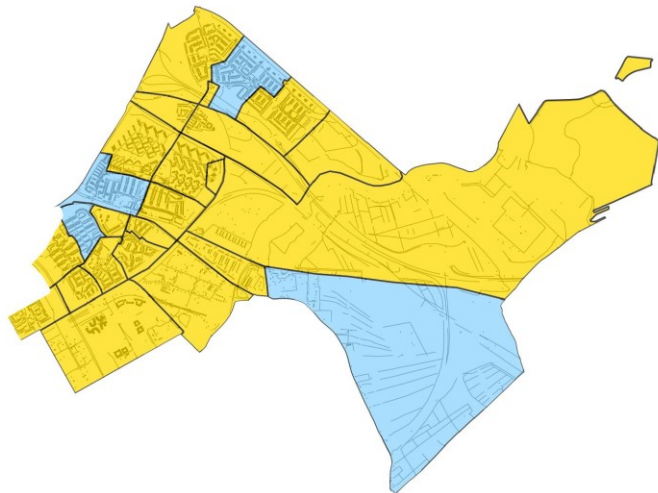
In de meeste dichtbebouwde buurten is warmtelevering de goedkoopste optie en in een aantal andere dichtbebouwde buurten met recenter bebouwing een warmtepomp. In de ijler bebouwde gebieden is een CV-ketel op vaste biomassa de goedkoopste optie, of een hybride warmtepomp op groen gas. In de figuur is de warmtevoorziening van de woningen getoond. De utiliteitsbouw is aangesloten op dezelfde energie-infrastructuur als de woningen. 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 1e keus worden toegepast. Dat is het geval in de meeste buurten in de gemeente. Daar waar het alternatief niet veel duurder is wordt uitgeweken naar de 2e keus.

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. Lokale mogelijkheden, zoals bijvoorbeeld energie-uitwisseling met een kassencomplex of met een bedrijventerrein, kunnen in het stakeholderproces zoals beschreven in Sectie 2.3 worden meegenomen (maar vallen als zijnde lokaal maatwerk buiten de scope van deze rapportage).

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

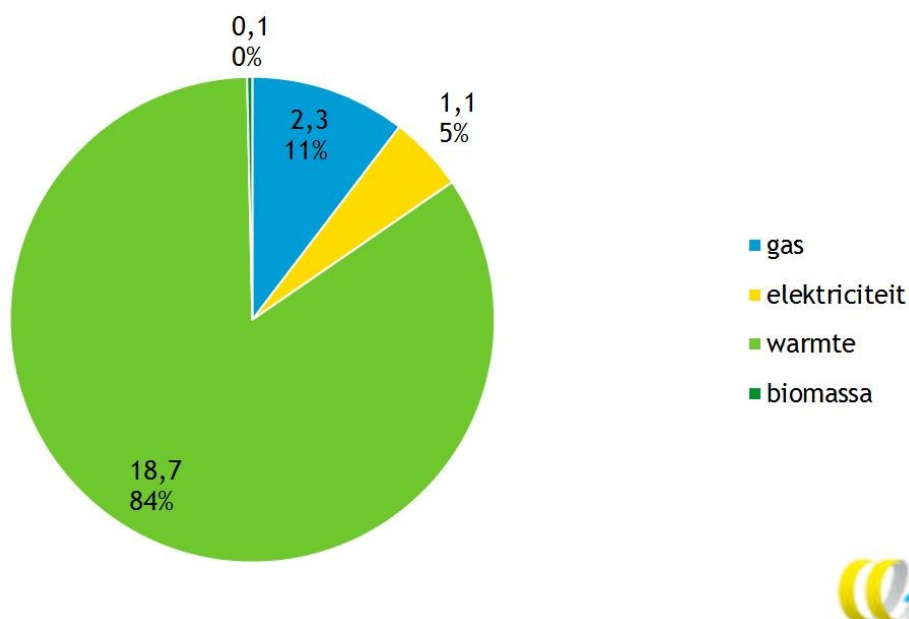
Legenda

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



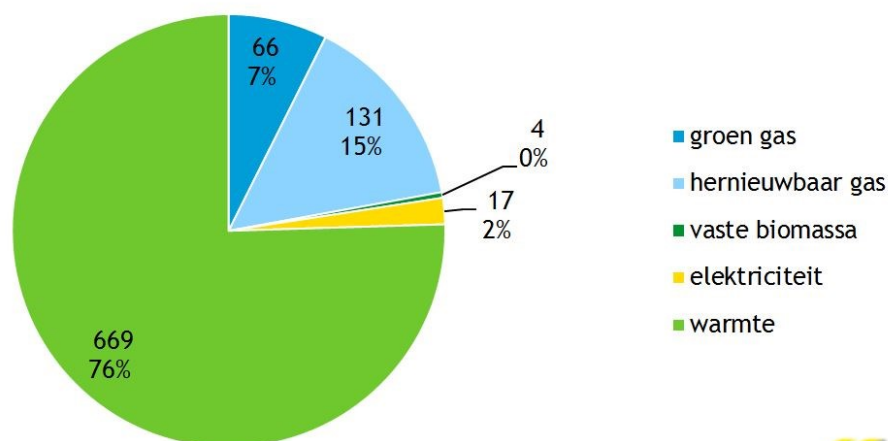
In Figuur 14 is de verdeling van het aantal woningequivalenten (WEQ) per energievoorziening weergegeven voor het eindbeeld. Hierbij is aangenomen dat 150 m² aan utiliteit overeenkomt met één woningequivalent. Voor de goede orde: alle gebouwen zijn aangesloten op het elektriciteitsnetwerk. In de figuur is getoond welke energievoorziening daarnaast aanwezig is (groen gas, warmte, vaste biomassa), en welke gebouwen 'all electric' zijn in het eindbeeld. Gebouwen met een hybride warmtepomp zijn onder 'groen gas' meegeteld, aangezien ze naast een elektriciteitsaansluiting ook een gasaansluiting hebben.

Figuur 14 Verdeling van het aantal woningequivalenten (WEQ) per energievoorziening (duizenden)



Het merendeel van de gebouwen (84%) in de gemeente wordt in het eindbeeld aangesloten op een warmtenet. 5% van de gebouwen krijgt in de basisruimte alleen een elektriciteitsaansluiting en een elektrische warmtepomp (NB: door de zware isolatie is het aandeel in het energiegebruik in de regio van deze gebouwen overigens beperkt). 11% van de gebouwen blijft aangesloten op het gasnet. 0,1% van de gebouwen tenslotte krijgt alleen een elektriciteitsaansluiting in combinatie met een CV-ketel op vaste biomassa. De CV-ketel op vaste biomassa maakt gebruik van zogenaamde houtpellets om warmte op te wekken. Deze houtpellets zijn kleine staafjes samengeperst hout. Voor houtpellets bestaat inmiddels een internationale markt, de pellets hoeven dus niet per se uit de eigen regio te komen. We nemen aan het dat om duurzame biomassa gaat. 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. 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 (TJ/jaar)



Het energiegebruik betreft zowel het gebruik in de gebouwen zelf, alsook bijvoorbeeld het hernieuwbaar gas voor de piekketels in warmtenetten, en de gebruikte elektrische pompenergie. De besparende effecten van gebouwschilisolatie zijn in de berekeningen verwerkt. Het model gaat uit van werkelijke besparingen (inclusief zgn. reboundeffecten) 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 (monumentale) panden. Het model optimaliseert de totale ketenkosten.

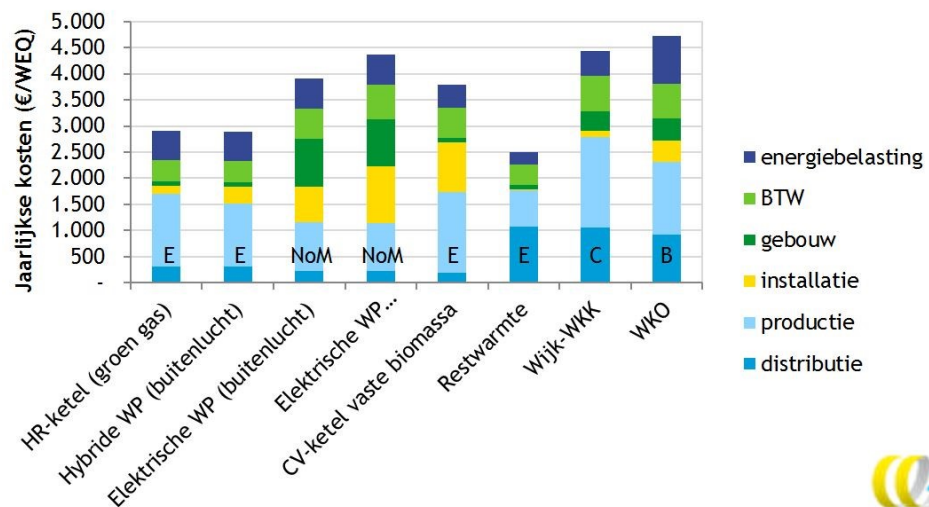
76% van het energieverbruik wordt ingevuld met restwarmte. Bij warmtelevering wordt ook gebruik gemaakt van piekketels. In de piekketels wordt met hernieuwbaar gas bijgestookt op het moment van piekvraag naar warmte. Dit voorkomt het aanleggen van een warmtenet gedimensioneerd op een piekcapaciteit die maar enkele momenten in het jaar nodig is.²²

In Figuur 16 is de kostenopbouw van verschillende technieken weergegeven voor een willekeurige buurt in de gemeente Diemen. De figuur laat zien dat in deze specifieke buurt restwarmte de laagste ketenkosten heeft (in combinatie met een isolatiewaarde van het gebouw die hoort bij energielabel E), gevolgd door de beide groen gas-opties (ook in combinatie met een isolatiewaarde van het gebouw die hoort bij energielabel E), waarbij deze laatste twee opties qua kosten zeer dicht bij elkaar liggen. Wat de daadwerkelijke toewijzing is hangt af van de beschikbaarheid van het groene gas. De 'NoM' in de figuur staat voor het zware isolatieniveau dat geldt bij Nul-op-de-Meter renovaties. De isolatiewaardes worden door het rekenmodel geoptimaliseerd op basis van ketenkosten, en verschillen dus van buurt tot buurt.

²² Het hernieuwbare gas kan gedistribueerd worden via het middendruk gasnet. Het fijnmazige gasnet is immers komen te vervallen in buurten met warmtelevering.



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. Het kan bijvoorbeeld zijn dat de gemeente, of de gebouweigenaren of -bewoners, in een bepaalde buurt kiezen voor een 'all electric' oplossing met een elektrische warmtepomp en een zware schilisolatie, ongeacht het gegeven dat die optie voor die buurt hogere kosten over de gehele keten geeft. Het is in dat geval wel verstandig om de plannen tijdig aan de netbeheerder door te geven, vanwege de vermoedelijke noodzaak het elektriciteitsnet te verzwaren. Het is ook mogelijk om alsnog uit te gaan van groen gas voor een buurt waarin dit niet de toewijzing vanuit het model was, waarbij er dus minder groen gas beschikbaar is voor andere gebieden in de regio. Het voert wel te ver voor dit project om al deze mogelijke varianten door te rekenen voor dit rapport. In de Bijlage zijn enkele variantenberekeningen opgenomen. Andere varianten kunnen we op verzoek doorrekenen, en aldus het keuzeproces ondersteunen.

Ook toepassing van warmtelevering leidt in Nederland regelmatig tot discussies. In de variantanalyses (zie Bijlage B) is daarom ook gekeken naar een -qua warmtebeschikbaarheid- soort worst-case situatie waarin er in de regio op termijn in het geheel geen warmte vanuit de AVI van AEB noch vanuit de Diemencentrale beschikbaar is én geen geothermie. 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 warmtetransitie?

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:

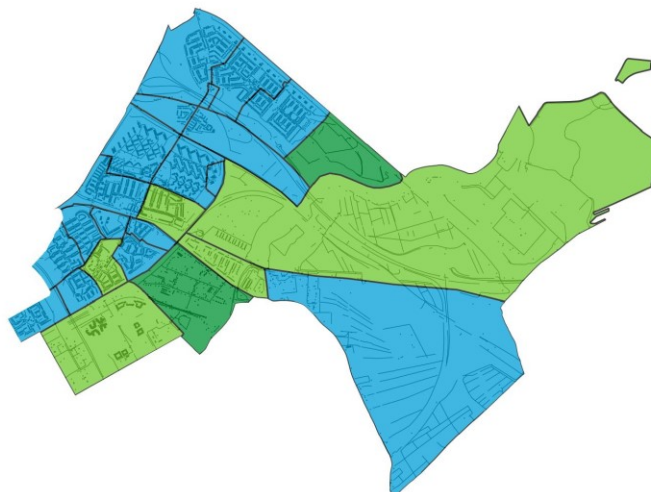
1. **Er moet iets.** Dat is bijvoorbeeld het geval als de riolering in een wijk wordt vervangen, waarbij vaak ook de energie-infrastructuur wordt vervangen. Als het gasnet moet worden vervangen is dat een uitgelezen moment om te bepalen of dat wel de gewenste situatie oplevert, een gasnet gaat immers 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 groot-schalige 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 kan leiden tot een voorbeeld van de 'er kan iets'-kansen. 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 veel buurten in de gemeente op dit moment de huidige warmtevoorziening op basis van aardgas lagere kosten heeft dan het klimaatneutrale alternatief. Er zijn echter ook buurten waar 'klimaatneutraal' nu al lagere kosten over de keten laat zien. Dat geldt voor kosten over de keten, of dat ook geldt op basis van prijzen voor elke stakeholder vergt een nadere analyse. Het is echter wel een buurt die interessant is om te starten met de transitie.

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

Legenda

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

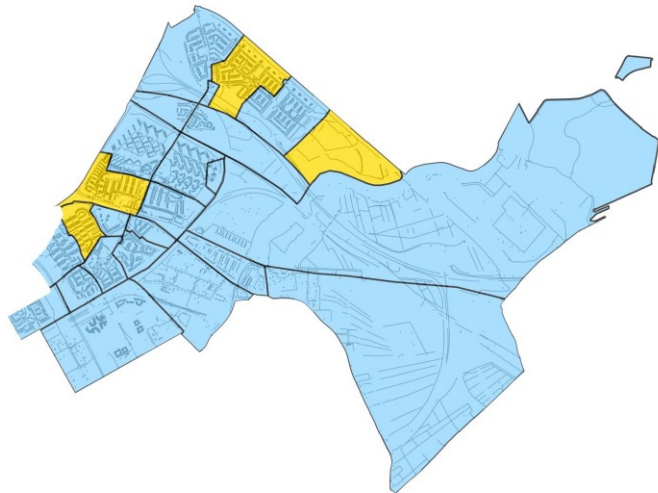


In Figuur 18 is het relatieve verschil in totale ketenkosten tussen de goedkoopste optie en de goedkoopste optie met een alternatieve infrastructuur weergegeven. In buurten waar het verschil in kosten klein is, liggen de kostenniveaus van de verschillende opties dicht bij elkaar, waardoor in deze buurten 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

Legenda

- Alternatief < 30% duurder
- Alternatief ≥ 30% duurder
- Onbekend



Voor de gemeente Diemen is een gecombineerde 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:

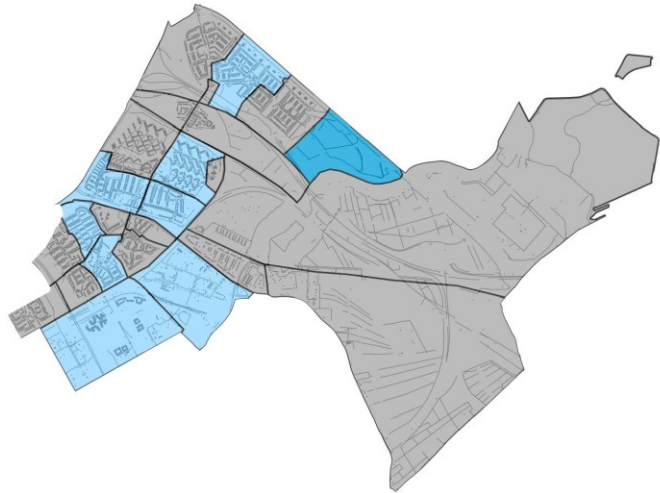
- daar waar het verschil in kosten met een alternatieve klimaatneutrale optie het grootst is, is de beste oplossing voor de buurt het meest zeker;
- daar waar een klimaatneutrale optie tegen de huidige kostenniveaus al de laagste kosten over de gehele keten heeft liggen kansen;
- daar waar er sowieso 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.

De eerste twee aspecten zijn gebaseerd op output van de modelberekeningen. De geplande werkzaamheden en aanwezige bewonerscollectieven zijn opgevraagd tijdens de eerste werksessie, maar niet altijd beschikbaar. Zie voor een overzicht van de beschikbare informatie Bijlage A.2. In elke buurt is gekeken hoeveel van de bovengenoemde aspecten van toepassing zijn. Elke buurt waar één aspect van toepassing is, is weergegeven als ‘matig kansrijk’. Zijn er twee aspecten van toepassing in een buurt dan is dat aangegeven als ‘kansrijk’ en bij drie of meer aspecten is ‘zeer kansrijk’ gehanteerd.

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. We benadrukken hierbij dat de voor de kansenkaarten benodigde informatie niet altijd beschikbaar was voor deze rapportage, bijvoorbeeld over renovatieplannen van woningcorporaties of over vervangingen van ondergrondse infrastructuur. In dat geval kan het zijn dat de hier gepresenteerde kansenkaart weinig mogelijkheden laat zien om te starten met de warmtetransitie, terwijl dat in de praktijk wellicht anders kan zijn. Ook kunnen er nog aanvullende factoren zijn die een buurt kansrijk maken en is de kaart ook zeker niet statisch in de tijd. De kaart is dan ook bedoelt als eerste handreiking en op basis van het lijstje met soorten kansen kan de gemeente in dat geval zelf een goede aanvulling maken.

5 Conclusies en aanbevelingen

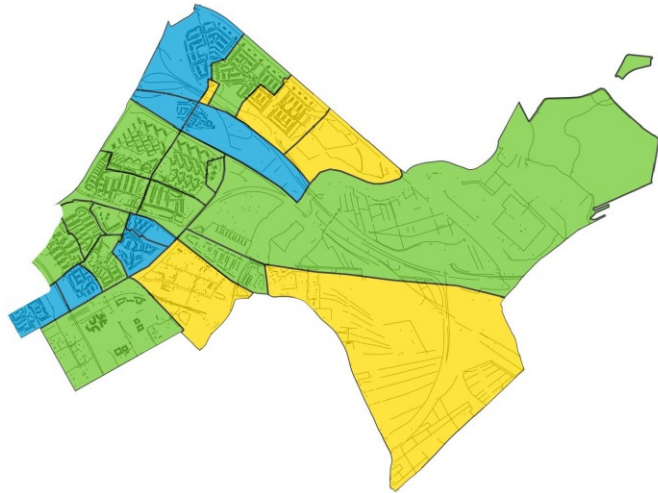
Met het CEGOIA-rekenmodel is nagegaan wat in elke buurt in de gemeente Diemen de optie is met de laagste kosten over de keten voor een klimaat-neutrale invulling van de warmtevraag van de bestaande bouw. Daaruit wordt voor elke buurt die combinatie gekozen die de laagste kosten over de totale keten heeft, zie het resultaat in Figuur 20. Het model rekent zowel met investeringen in gebouwisolatie en gebouwinstallatie als met investeringen in energie-infrastructuren. 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. In dat stakeholderproces kunnen desgewenst ook lokale maatwerkopties worden meegenomen, zoals energie-uitwisseling met een kassencomplex of een bedrijventerrein.

Figuur 20 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 eindbeeld laat niet één type energie-infrastructuur zien, maar er zijn buurten met (groen) gas en buurten met warmtelevering. In alle buurten is ook een elektriciteitsnet aanwezig.

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. Kansen zijn te verdelen in drie soorten: er moet iets, er kan iets, of men wil iets. De kansrijke buurten liggen daar waar:

- de ketenkosten 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 (schil)renovaties door een woningcorporatie gepland zijn of anderszins grootschalige stadsvernieuwing gepland is.

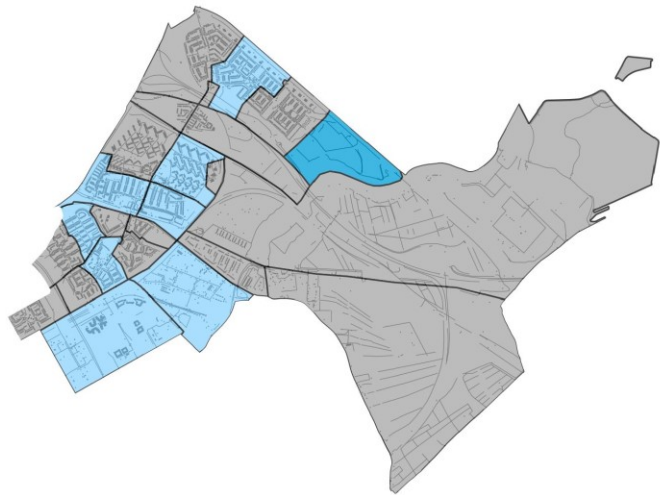
In Figuur 21 zijn deze factoren samengebracht op één kansenkaart. De meest kansrijke gebieden om de warmtetransitie in een buurt te starten zijn die buurten waar meerdere factoren aanwezig zijn. We adviseren om daar te

starten met het organiseren van het starten van de warmtetransitie naar klimaatneutraal, en de andere gebieden later in de tijd op te pakken. We benadrukken hierbij dat de voor de kanskaarten benodigde informatie niet altijd beschikbaar was voor deze rapportage, bijvoorbeeld over renovatieplannen van woningcorporaties of over vervangingen van ondergrondse infrastructuur. In dat geval kan het zijn dat de hier gepresenteerde kanskaart weinig mogelijkheden laat zien om te starten met de warmtetransitie, terwijl dat in de praktijk wellicht anders kan zijn. Op basis van het hierboven gepresenteerde lijstje met soorten kansen kan de gemeente in dat geval zelf een goede aanvulling maken.

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 waaromvraag), 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. Hierbij past ook het opnemen van de warmtetransitie in de prestatieafspraken met woningcorporaties.
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 Diemen 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:

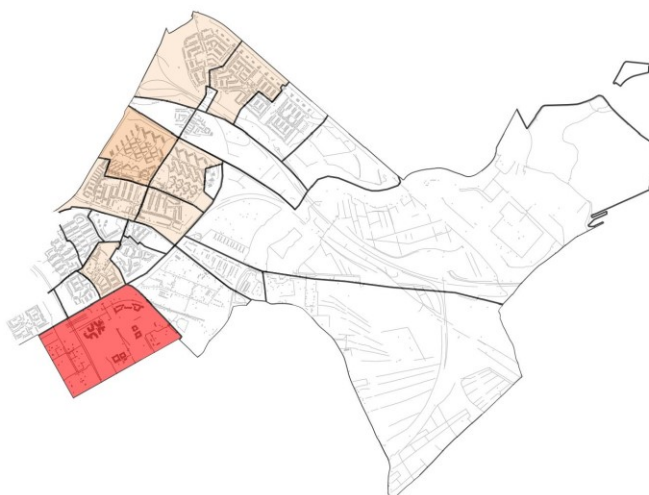
- BAG (Basisregistraties Adressen en Gebouwen, Kadaster): bouwjaar, functie, oppervlak, aantal gebouwen.
- Statline (CBS): energiegebruik huishoudens op buurtniveau (is gebaseerd op Energie in Beeld), eigendomsverhouding, type bouw (gestapeld/grondgebonden).
- EP-online: energielabels gebouwen.
- Verbetering 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 TJ/jaar
- 25 - 50 TJ/jaar
- 50 - 75 TJ/jaar
- 75 - 100 TJ/jaar
- 100 - 125 TJ/jaar
- 125 - 150 TJ/jaar
- > 150 TJ/jaar

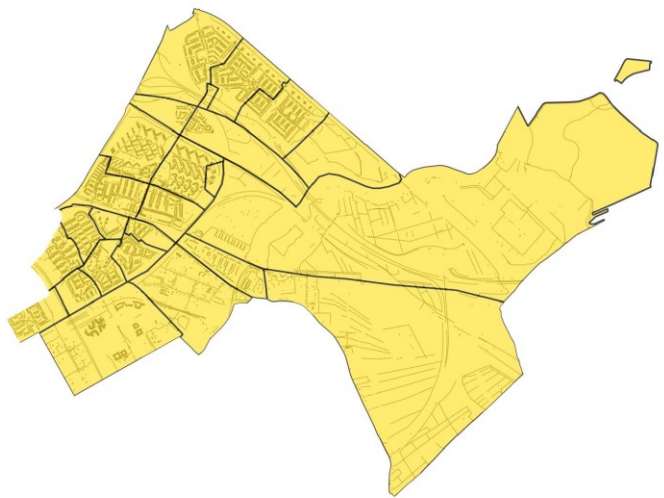


In Figuur 23 is het dominerend bouwjaar van per buurt weergegeven. Dit dominerend bouwjaar is bepaald op basis van de gegevens uit het kadaster. De bouwperiode is veelal maatgevend voor de energetische kwaliteit van een gebouw en bovendien een indicatie voor de mogelijkheden. De meeste huizen gebouwd na 1920 hebben bijvoorbeeld een spouw, en voor huizen gebouwd na 1976 is deze verplicht geïsoleerd.

Figuur 23 Meest voorkomende bouwperiode (woningen en utiliteitsgebouwen) per buurt

Legenda

-  voor 1900
-  1900-1945
-  na 1945
-  Mix/Onbekend

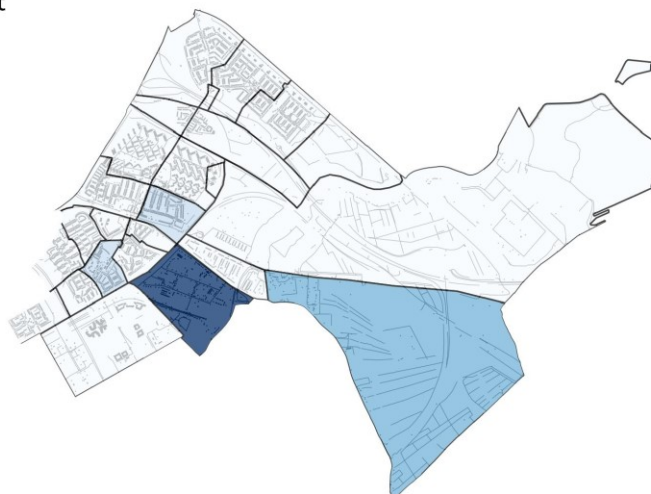


Figuur 24, Figuur 25 en Figuur 26 geven inzicht in het type bebouwing per buurt. Het aandeel utiliteitsbouw is bepaald op basis van het aantal woning-equivalenten ten opzichte van het aantal woningen. Hierbij is ervan uitgegaan dat 150 m² utiliteitsbouw gelijk staat aan één woningequivalent.

Figuur 24 Percentage utiliteitsbouw per buurt

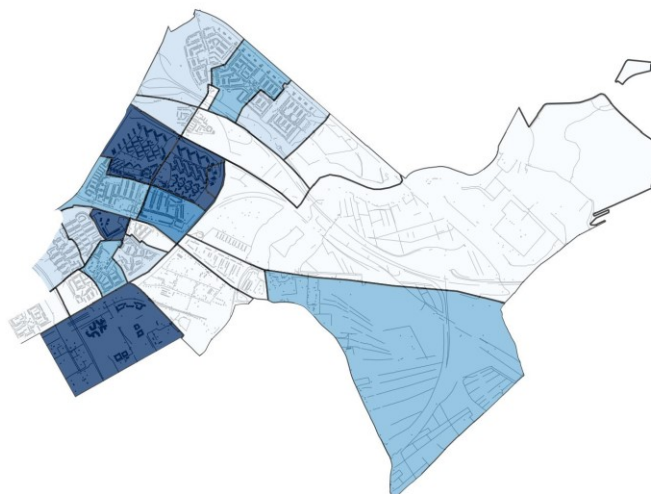
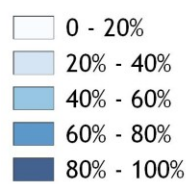
Legenda

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



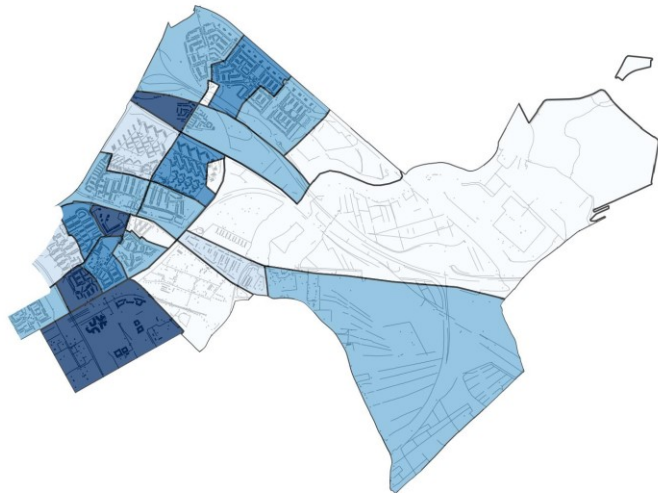
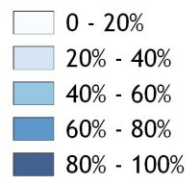
Figuur 25 Percentage gestapelde woningen per buurt in elke buurt

Legenda



Figuur 26 Percentage huurwoningen per buurt

Legenda

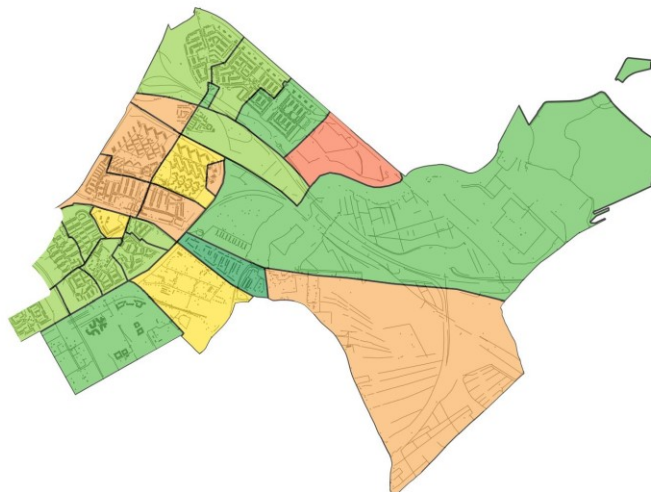


In Figuur 27 is het huidige gemiddelde energielabel van de woningen weergegeven. Dit is op basis van de voorlopige energielabels (op basis van het bouwjaar), aangevuld met definitieve energielabels daar waar bekend. De informatie in de figuur is afkomstig uit de nationale labeldatabase.

Figuur 27 Het huidige gemiddelde energielabel van de woningen per buurt

Legenda

- A
- B
- C
- D
- E
- F
- G
- Onbekend



In de gemeente Diemen zijn bij de modelberekeningen geen verdere restricties toegepast op de toepassing van WKO en vaste biomassa²³ (houtpellets voor CV-ketel).

A.2 Specifieke gegevens van de gemeente

Van de gemeente Diemen is de volgende specifieke informatie ontvangen:

- informatie over eventuele geplande grootschalige vernieuwing en transformatie, en grootschalige nieuwbouw;
- informatie over buurten met geplande grootschalige gebouwschilrenovaties (geen bekend);
- aanwezige blokverwarming;
- aanwezige actieve bewonerscollectieven.

Deze informatie is verwerkt in de kansenkaarten.

²³ 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.

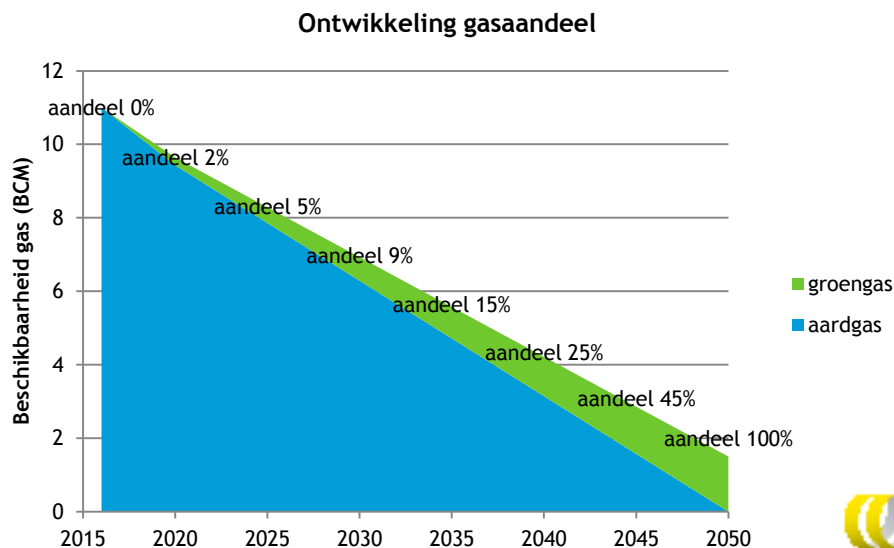
A.3 Andere belangrijke inputgegevens

In deze paragraaf wordt een overzicht gegeven van de gehanteerde energiekosten 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 hernieuwbaar gas beschikbaar is. In Figuur 28 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.

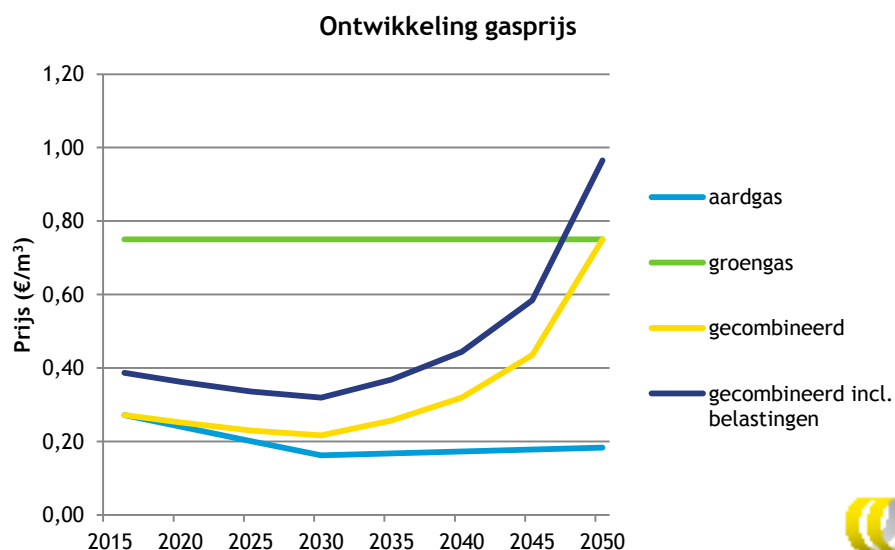
Figuur 28 Ontwikkeling beschikbare hoeveelheid gas met het aandeel groen gas



Voor de ontwikkeling van de aardgasprijs wordt aangesloten bij de studie Welvaart en Leefomgeving²⁴. 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 29.

²⁴ KLIMAAT EN ENERGIE ACHTERGRONDDOCUMENT, WLO - Welvaart en Leefomgeving, Toekomstverkenning 2030 en 2050, CPB/PBL, 30 maart 2016.

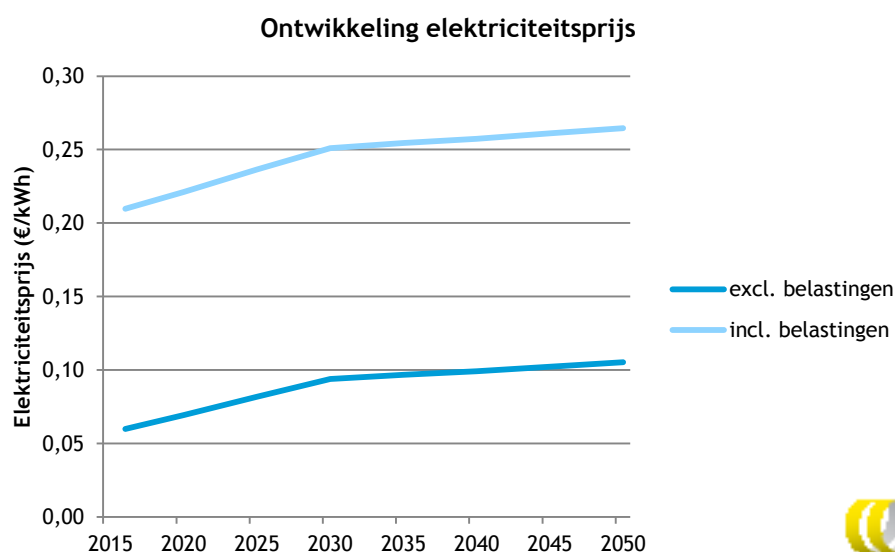
Figuur 29 Ontwikkeling van de aardgasprijs, groengasprijs en gecombineerde gasprijs voor de mix van aardgas en groengas tot 2050



Ontwikkeling elektriciteitsprijs

Voor de ontwikkeling van de elektriciteitsprijs wordt ook aangesloten bij het scenario 'Hoog' uit de studie Welvaart en Leefomgeving²⁴.

Figuur 30 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 2 en de gehanteerde afschrijftermijnen in Tabel 3.

Tabel 2 Gehanteerde discontovoeten

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

Tabel 3 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 4 Inputwaarden individuele warmtetechnieken

Techniek	Investering	Leercurve ²⁵	Rendement ²⁶	Onderhoud ²⁷
HR-ketel	€ 1.500	Langzaam	0,94/0,70	2%
Hybride warmtepomp (buitenlucht)	€ 5.000	Snel	Variabel ²⁸	2%
Hybride warmtepomp (ventilatie)	€ 4.023	Snel	Variabel ²⁸	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 5 Inputwaarden collectieve warmtetechnieken

Techniek	Investering	Leercurve ²⁵	Onderhoud ²⁷
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%

²⁵ Zie Figuur.

²⁶ Het rendement voor ruimteverwarming/warm tapwater

²⁷ De jaarlijkse onderhoudskosten zijn uitgedrukt als percentage van de investering.

²⁸ Zie Tabel 6.

Tabel 6 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

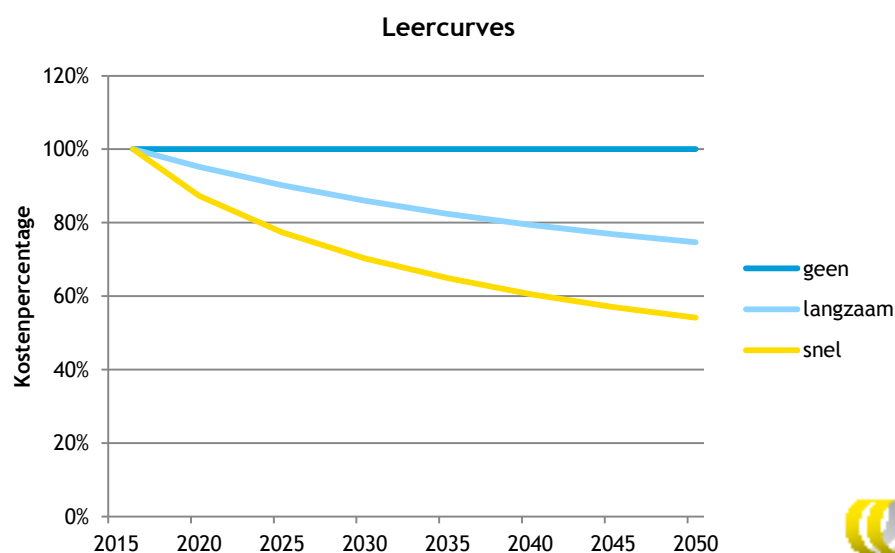
Tabel 7 Inputwaarden afgiftesystemen per bruto vloeroppervlak

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

Tabel 8 Inputwaarden overige technieken

Techniek	Investering	Leercurve ²⁵	Rendement	Onderhoud ²⁷
Monoblock koelsysteem	€ 1.000	Snel	0,40	0%
Mechanische ventilatie	€ 377	Snel	0,80	2%
WTW - douche pijp	€ 487	Snel	50% besparing ²⁹	2%
Zonneboiler voor warm tapwater	€ 2.524	Snel	50% besparing ²⁹	2%
Zon-PV	285 €/m ²	Snel	150 kWh/m ²	0%

Figuur 31 Leercurves op investeringen door innovaties



²⁹ De installatie zorgt voor een besparing van 50% op de warm tapwatervraag.



Tabel 9 Besparing op de warmtevraag voor ruimteverwarming van woningen per schilstep

Schil	A+ ³⁰	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 10 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 11 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.

³⁰ Het label A+ wordt enkel toegepast in combinatie met een elektrische warmtepomp en zonnepanelen: de zogenaamde Nul-op-de-Meter woning.

Tabel 12 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 13 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 14 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 15 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 16 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 17 Inputwaarde netverzwaring elektriciteit

Techniek	Isolatieschil	Netverzwaring ³¹ (kW)
Bodemwarmtepomp	A+	0,5
	A	1,1
	B	1,7
Lucht-waterwarmtepomp	A+	1,9
	A	4,1
	B	7,2

Tabel 18 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 19 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 gelijktijdigheidsfactor³² voor de aansluitingen op het warmtenet wordt verondersteld op 50%.

Tabel 20 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

³¹ Inclusief gelijktijdigheidsfactor.

³² De mate waarin de warmtevraag van de aangeslotenen gelijktijdig hoog is.



Tabel 21 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



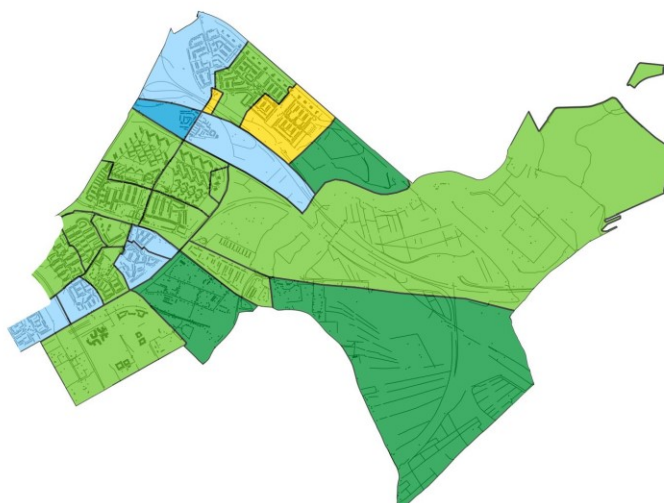
Bijlage B Variantanalyses

Het eindbeeld zoals gepresenteerd in het rapport is geen blauwdruk van hoe de warmtetransitie er uit moet zien, maar is bedoeld als input voor een dialoog over hoe dat zou kunnen. In zo'n dialoog komen vermoedelijk vragen op van het 'wat als'-type. Het voert te ver om binnen dit project alle mogelijke varianten door te rekenen en te presenteren. In deze bijlage hebben we enkele belangrijke 'wat als'-vragen verwerkt in variantanalyses. Zoals de situatie dat er wordt uitgegaan van het Grand Design van het MRA warmtenet inclusief beschikbaarheid van geothermie, de situatie dat er juist veel minder restwarmte beschikbaar is én geen geothermie, en de situatie dat alle woningen ten minste een isolatieniveau krijgen dat overeen komt met label B.

Figuur 32 Eindbeeld van de klimaatneutrale warmtevoorziening in 2050 bij toepassing van het grand design inclusief geothermie (getoond is de energievoorziening van de woningen)

Legenda

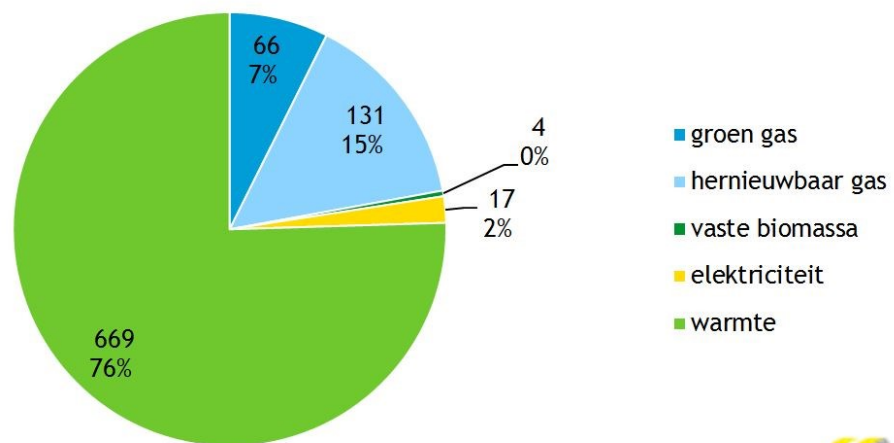
-  HR-ketel (groen gas)
-  Hybride WP (groen gas)
-  Elektrische WP
-  CV-ketel (vaste biomassa)
-  Geothermie
-  Restwarmte
-  WKO
-  Wijk-WKK
-  Onbekend



In de basisrun is uitgegaan van de totale capaciteit aan hoge temperatuur restwarmtebronnen (675 MWth voor de hele regio, excl. gemeente Amsterdam). In het Grand Design wordt in plaats daarvan uitgegaan van het aansluiten van 200 duizend woningequivalenten. Daarom is een variant doorgerekend waarbij er maar 200.000 woningequivalenten worden aangesloten. Dit resulteert in een totale capaciteit van 467 MWth. Hierbij is, conform het Grand Design, verondersteld dat 15% van deze capaciteit door

geothermie wordt ingevuld. De totale capaciteit is toegewezen in de buurten waar het relatieve kostenverschil met de goedkoopste optie op een alternatieve infrastructuur het grootst is, totdat het totaal van 200.000 woningequivalenten is bereikt. Voor de overige buurten vervalt restwarmte en geothermie als mogelijkheid. Het eindbeeld voor de gemeente Diemen waarin uitgegaan wordt van het MRA Grand Design warmtenet in de gehele regio inclusief toepasbaarheid van geothermie is weergegeven in Figuur 32. In de figuur is de warmtevoorziening van de woningen getoond. De utiliteitbouw is aangesloten op dezelfde energie-infrastructuur als de woningen. Wanneer deze uitkomst wordt vergeleken met die van de basisrun uit Figuur 12 dan blijkt dat de uitkomst gelijk is aan de basisrun. Verder valt op dat geothermie als bron in gemeente Diemen niet voorkomt in de uitkomst, hetgeen voortvloeit uit de ruime beschikbaarheid van restwarmte met lage productiekosten terwijl geothermie als warmtebron net iets hogere productiekosten vertoont.

Figuur 33 Verdeling van het energieverbruik voor de klimaatneutrale warmtevoorziening in de gebouwde omgeving in 2050 bij toepassing van het grand design inclusief geothermie (TJ/jaar)



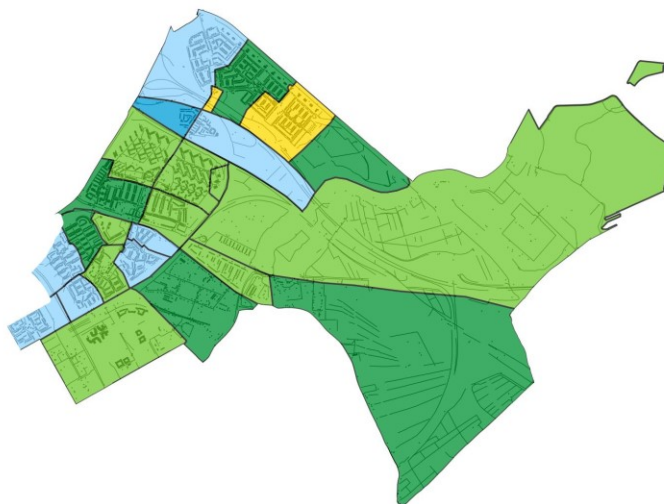
In de variant met 'MRA Grand Design warmtenet en geothermie' is het eindbeeld gelijk aan dat van de basisrun. Dát het eindbeeld op basis van ketenkostenoptimalisatie veel warmtedistributie bevat is duidelijk. Hoe veel warmte er precies beschikbaar is (en tegen elke kosten) is een belangrijke vraag voor de regio als geheel.

Voorts is een variantberekening gedaan waarbij er op termijn geen AVI-warmte voor de regio beschikbaar is noch warmte vanuit de Diemencentrale. Net als in de basisrun is ook geothermie als niet beschikbaar aangenomen voor de gehele regio. Deze variant is bedoeld als een -qua warmtebeschikbaarheid- 'worst-case' situatie voor de warmtelevering. Het eindbeeld voor de gemeente Diemen is weergegeven in Figuur 34. Wanneer deze uitkomst wordt vergeleken met die van de basisrun in Figuur 12, dan is het aandeel warmtelevering gedaald ten gunste van de CV-ketel op vaste biomassa en de hybride warmtepomp. Doordat de mogelijkheden zijn ingeperkt ten opzichte van de basisvariant zijn ook de totale kosten hoger dan in de basisvariant.

Figuur 34 Eindbeeld van de klimaatneutrale warmtevoorziening in 2050 zonder restwarmte van AEB en de Diemencentrale (getoond is de energievoorziening van de woningen)

Legenda

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



Tot slot is een variantberekening gedaan waarbij alle woningen ten minste een isolatieniveau hebben gekregen dat overeen komt met label B. Dit is een forse ingreep met een drastisch effect op de modeluitkomsten zoals te zien is in de figuur. Een 'all electric' energievoorziening met elektrische warmtepompen komt nu veel vaker voor in de uitkomst. Dat dit niet uit de basisrun volgde betekent ook dat de kosten over de keten in deze variant hoger zijn dan in de basisrun-uitkomst.

Figuur 35 Eindbeeld van de klimaatneutrale warmtevoorziening in 2050 bij toepassing van een minimaal isolatieniveau van de woningen dat overeenkomst met label B (getoond is de energievoorziening van de woningen)

Legenda

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

