



Planbureau voor de Leefomgeving

ACTUALISATIE STARTANALYSE AARDGASVRIJE BUURTEN **2025**

Kernrapport met de nationale resultaten op hoofdlijnen

**Steven van Polen, Wouter Wetzels, Boris van Beijnum, Wessel Poorthuis
en Janneke Blok**

13 maart 2025

PBL

Colofon

Actualisatie Startanalyse aardgasvrije buurten 2025; kernrapport met de nationale resultaten op hoofdlijnen

© PBL Planbureau voor de Leefomgeving
Den Haag, 2025
PBL-publicatienummer: 5632

Contact

Steven.vanpolen@pbl.nl

Auteurs

Steven van Polen, Wouter Wetzels, Boris van Beijnum, Wessel Poorthuis en Janneke Blok

Met dank aan

Het PBL is dank verschuldigd aan de betrokken partijen gedurende het proces. Ten eerste willen we onze oud-collega Ruud van den Wijngaart bedanken voor zijn inzet. Ten tweede willen we het kern-team bedanken bestaande uit Walter van den Wittenboer (RVO), Peter Schuthof (NPLW), Roelf van Till (NPLW), Cilou Bertin (VNG), Marcel Aanen (VNG), Sabine Jansen (VRO), Martin Bottema (VRO), Casper van Mourik (KGG), Lars Kleyn Winkel (KGG) en Mariet Bolluijt (VRO). Dank voor jullie meedenken, kritische houding en feedback gedurende dit project. Ten derde ook veel dank aan alle experts die hebben bijgedragen aan de validatiesessies en ook daarna beschikbaar waren voor vragen. Als laatste ook veel dank aan alle gemeenten die hebben meegedacht bij de vormgeving van de Startanalyse, zowel bij de terugkoppeling op viewers als rapporten gedurende het proces.

Redactie figuren

Beeldredactie PBL

Eindredactie en productie

Uitgeverij PBL

Toegankelijkheid

Het PBL hecht veel waarde aan de toegankelijkheid van zijn producten. Mocht u problemen ervaren bij het lezen ervan, dan kunt u contact opnemen via info@pbl.nl. Vermeld daarbij s.v.p. de naam van de publicatie en het probleem waar u tegenaan loopt.

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Van Polen et al. (2025), Actualisatie Startanalyse aardgasvrije buurten 2025; kernrapport met de nationale resultaten op hoofdlijnen, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

Het PBL doet onderzoek naar de leefomgeving en het leefomgevingsbeleid in Nederland en daarbuiten. Denk aan milieu, natuur en ruimtelijke inrichting. Met onze verkenningen, analyses en evaluaties leveren we strategische kennis voor beleid, politiek, maatschappelijke organisaties en het bredere publiek. We geven daarbij niet alleen feiten en inzichten over het hier en nu, maar kijken ook vooruit naar de nabije en verdere toekomst. We doen ons onderzoek gevraagd en ongevraagd, onafhankelijk en wetenschappelijk onderbouwd.

Inhoud

Samenvatting	4
1 Inleiding	6
2 Aanpak en methode	8
2.1 Actualisatie van onderliggende data	8
2.1.1 Invoerbestanden	8
2.1.2 Invoerparameters	9
2.1.3 Rekenregels	11
2.2 Strategieën en varianten	11
2.2.1 Strategieën en varianten in de ASA2025	12
2.2.2 Combinatie van een warmtenet met (zeer)lage temperatuur-warmtebron en individuele warmtepompen, strategie 3	13
2.2.3 Hybride warmtepomp met klimaatneutraal gas, strategie 4	13
3 Resultaten op nationaal niveau	15
3.1 Resultaten van hoofdberekeningen	16
3.2 Gevoeligheidsanalyses	18
3.2.1 Beschikbaarheid en kosten van klimaatneutrale gassen	18
3.2.2 Alleen uitgaande van varianten met schillabel B+	21
3.2.3 Het effect van projectmanagementkosten	22
3.3 De ruimtelijke verdeling	24
4 Conclusie en reflectie	26
Referenties	29

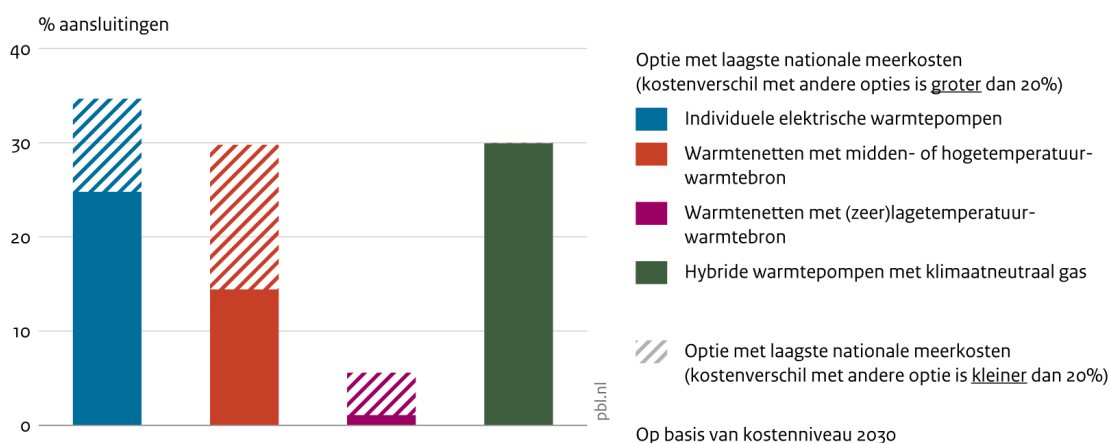
Samenvatting

Gemeenten moeten voor eind 2026 een warmteprogramma opstellen. Daarin doen ze hun plannen uit de doeken in welke buurten de komende 10 jaar stappen worden gezet richting een aardgasvrije warmtevoorziening. De 'Startanalyse aardgasvrije buurten' kan gemeenten hierbij helpen. De Startanalyse geeft inzicht in de laagste nationale meerkosten van verschillende aardgasvrije verwarmingsopties op buurtniveau. Deze verwarmingsopties zijn individuele elektrische warmtepompen, warmtenetten en hybride warmtepompen met klimaatneutraal gas.

De eerste Startanalyse aardgasvrije buurten verscheen in 2020 (SA2020). Die versie hebben we nu geactualiseerd omdat er sindsdien veel ontwikkelingen zijn geweest. De Actualisatie Startanalyse aardgasvrije buurten 2025 (ASA2025) geeft gemeenten opnieuw een vertrekpunt bij de verkenning van warmteopties. Om te komen tot een warmteprogramma kunnen gemeenten deze basisinformatie aanvullen met eigen analyses met lokale data, gemeentelijke plannen, of beleidsafspraken en informatie over de energierekening.

De ASA2025 biedt niet alleen inzicht op buurtniveau, maar ook op nationaal niveau. Hierbij gaat het met name om de verdeling van het aantal aansluitingen over de verschillende warmteopties. Wanneer alleen wordt gekeken naar de verdeling van warmteopties op basis van de laagste nationale meerkosten, valt op dat er tussen SA2020 en ASA2025 geen grote veranderingen zijn. Ook in de ASA2025 blijft er een mix van warmteopties, al zijn er wel kleine verschuivingen: de aandelen van warmtenetten met een midden- of hogetemperatuur-warmtebron en individuele warmtepompen dalen met respectievelijk 4 procentpunt en 3 procentpunt. Deze dalingen worden opgevangen door zowel warmtenetten met een (zeer)lagetemperatuur-warmtebron (stijging met 3 procentpunt) als hybride warmtepompen met klimaatneutraal gas (stijging met 4 procentpunt).

Figuur 1
Aandeel aansluitingen per warmteoptie



Bron: PBL

De verdeling van de warmteopties kan ook anders uitpakken. In de analyse is uitgegaan van de optie met de laagste nationale meerkosten, maar in sommige gevallen is een andere warmtestrategie niet veel duurder. Voor een derde van de aansluitingen is het kostenverschil tussen de strategie met

de laagste nationale meerkosten en een andere strategie minder dan 20 procent, zoals te zien in figuur 1. Deze 20 procent is gebaseerd op een uitvraag onder gemeenten, maar het is ook mogelijk een ander percentage als uitgangspunt te nemen. Van belang is dat goed wordt gekeken naar de kostenverschillen tussen warmteopties. Uitgaande van een kostenverschil van minder dan 20 procent tussen warmteopties komen met name buurten terug die als laagste nationale meerkosten warmtenetten met een midden- of hogetemperatuur-warmtebron hebben. Voor meer dan de helft van de aansluitingen waarin deze optie de laagste nationale meerkosten heeft, is een andere strategie minder dan 20 procent duurder.

Daarnaast zijn er nog diverse onzekerheden in de warmtetransitie die van invloed zijn op de uiteindelijke keuze voor een warmteoptie. In de ASA2025 zijn onzekerheden verkend rondom de beschikbaarheid en kosten van klimaatneutraal gas, de rol van isolatie, en projectmanagementkosten. Aannames hierover hebben veel invloed op de verdeling van de warmteopties. Vooral de kosten en beschikbaarheid van klimaatneutraal gas zijn erg onzeker. Als daarvan onvoldoende wordt geproduceerd, moet worden uitgeweken naar meer toekomstbestendige warmteopties, zoals individuele warmtepompen of warmtenetten.

1 Inleiding

Plannen voor een klimaatneutrale gebouwde omgeving

De Nederlandse overheden werken aan een klimaatneutrale gebouwde omgeving in 2050. Deze ambitie is vastgelegd in wetgeving en afspraken in het Klimaatakkoord (2019) en de Klimaatwet (2023). Een vertaling van deze ambitie is het verduurzamen van 9 miljoen gebouwen. Dit betekent het isoleren van bestaande gebouwen en het vervangen van bestaande installaties, zodat ook in deze gebouwen geen aardgas meer nodig is voor ruimteverwarming en warm tapwater.

De regierol bij de uitvoering van deze ambitie is bij de gemeenten neergelegd. Een eerste visie op het aardgasvrij maken van wijken en buurten is door veel gemeenten gegeven in hun 'transitievisie warmte' eind 2021. Voor eind 2026 zullen gemeenten dit beeld herijken in hun warmteprogramma. In totaal gaat het in Nederland om 3.393 wijken en 14.574 buurten in 2024; voor al die buurten moet een plan komen.

De 'Startanalyse': overzicht van warmtestrategieën en de nationale meerkosten

Om de gemeenten te ondersteunen bij het maken van keuzes voor een aardgasvrije warmtevoorziening is in het Klimaatakkoord (2019) afgesproken dat zij gebruik kunnen maken van een zogeheten 'leidraad'. Onderdeel van die leidraad is een techno-economische analyse van de mogelijke strategieën per buurt en een bijbehorende toelichting van de onderliggende data en aannames. Op verzoek van het Rijk heeft het PBL in 2020 voor het eerst een dergelijke analyse gemaakt: de Startanalyse aardgasvrije buurten 2020 (hierna: SA2020). Die Startanalyse hebben we nu geactualiseerd. In deze Actualisatie Startanalyse aardgasvrije buurten 2025 (hierna: ASA2025) maken we voor alle buurten¹ in Nederland inzichtelijk welke warmtestrategie de laagste nationale meerkosten heeft: individuele elektrische warmtepompen, warmtenetten, een combinatie van beide, of hybride warmtepompen met klimaatneutraal gas. De onderliggende data en gebruikte methode zijn openbaar, zodat iedereen mee kan kijken met de berekeningen. Een korte toelichting bij de gebruikte methode staat in het tekstkader op de volgende pagina.

Aanleiding voor actualiseren Startanalyse: van transitievisie warmte naar warmteprogramma

In 2024 is een nieuwe wet aangenomen die in januari 2026 in werking treedt: de Wet gemeentelijke instrumenten warmtetransitie (Wgiw). Op grond van die wet moeten gemeenten uiterlijk 31 december 2026 een geüpdatete versie van hun transitievisie opleveren, die in de wet is omgedoopt tot 'warmteprogramma'. In dat warmteprogramma moet worden vastgelegd welke stappen een gemeente in de komende 10 jaar zal nemen om tot een aardgasvrije warmtevoorziening te komen.

Voor het opstellen van de eerste transitievisies warmte heeft ongeveer twee derde van de gemeenten gebruik gemaakt van de Startanalyse 2020 (Van der Molen et al. 2023). Uit een peiling bleek dat een groot deel van de gemeenten ter voorbereiding van de nieuwe warmteprogramma's behoefte heeft aan een nieuwe Startanalyse en voornamelijk aan een actualisatie van de kostenparameters. De ministeries van Klimaat en Groene Groei (KGG) en Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening (VRO) hebben het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) daarom verzocht de Startanalyse te

¹ Voor de ASA2025 wordt gebruik gemaakt van de CBS-buurtindeling (CBS 2023).

actualiseren. Deze actualisatie bestaat uit verschillende producten, zoals de gebruikershandleiding, de buurttabellen en de informatiebladen; op de Startanalyse-[website](#) staat een overzicht van alle producten die beschikbaar zijn. In dit voorliggende rapport geven we inzicht in de belangrijkste resultaten op nationaal niveau.

Opbouw van dit rapport

Voordat we ingaan op de resultaten van de Actualisatie Startanalyse aardgasvrije buurten 2025 (ASA2025) in hoofdstuk 3, beschrijven we in hoofdstuk 2 welke verschuivingen in methode en invoer er zijn ten opzichte van de Startanalyse aardgasvrije buurten 2020 (SA2020). In hoofdstuk 4 duiden we de resultaten en is er een korte reflectie.

In het kort: wat is de ‘Actualisatie van de Startanalyse 2025’?

De ASA2025 is een ‘*wat als*’-studie, wat betekent dat we een beeld geven van de toekomst wanneer gekozen wordt voor een bepaalde strategie om gebouwen aardgasvrij te verwarmen. Verschillende aardgasvrije strategieën en varianten worden onderling vergeleken op basis van nationale meerkosten² per ton CO₂. De resultaten betreffen altijd de nationale meerkosten die worden gemaakt om van de referentiesituatie in 2030 te komen tot de betreffende strategie. Dit geeft gemeenten inzicht in welke varianten interessant zijn om verder te onderzoeken.

De resultaten van de ASA2025 worden berekend met het [Vesta MAIS-model](#), een open-source ruimtelijk energiemodel dat is ontwikkeld door het PBL. De resultaten worden gepresenteerd op buurtniveau en geven naast een uitgebreid inzicht in de kosten ook een beeld van andere relevante indicatoren, zoals het energiegebruik van gebouwen bij verschillende niveaus van isolatie. Deze indicatoren kunnen gebruikt worden voor verdere lokale analyses door gemeenten.

In de ASA2025 worden alleen kosten meegenomen die een directe relatie hebben met de warmte-transitie in de gebouwde omgeving; bredere ruimtelijke impact laten we buiten beschouwing. Zo brengen we enkel de kosten voor netverzwaring in kaart als gevolg van een aardgasvrije strategie (Polen & Blok 2025). Hier wordt geen rekening gehouden met ontwikkelingen in bijvoorbeeld mobiliteit (elektrisch laden) en zon-PV, die potentieel ook tot netverzwaring leiden.

Daarnaast wordt de verdeling van kosten over actoren niet in kaart gebracht. De analyse is gericht op de totale nationale meerkosten, ongeacht wie deze zal moeten betalen. Dit betekent bijvoorbeeld dat subsidies en heffingen niet meegenomen worden. Voor de SA2020 was een ‘Dashboard eindgebruikerskosten’ ontwikkeld (TNO 2024a), deze wordt in de loop van 2025 geactualiseerd.

² Voor een toelichting van nationale meerkosten verwijzen we graag naar paragraaf 1.3.2 van de Gebruikershandleiding (Van Polen, Blok & Poorthuis 2025).

2 Aanpak en methode

Voor deze ASA2025 is grotendeels dezelfde methode gebruikt als bij de SA2020, maar de onderliggende data is in zijn geheel geactualiseerd. In dit hoofdstuk lichten we de keuzes die zijn gemaakt, kort toe; in het verdiepende rapport gaan we in detail in op de onderbouwing van de aanpassingen (Van Beijnum et al. 2025). Paragraaf 2.1 gaat over de aanpassingen die zijn gedaan in de onderliggende data en paragraaf 2.2 over de deels andere strategieën en varianten die zijn gehanteerd.

2.1 Actualisatie van onderliggende data

Om de technologische mogelijkheden voor de warmtetransitie in beeld te brengen worden veel rekenmodellen gebruikt. In deze rekenmodellen wordt gebruik gemaakt van rekenregels omdat de afhankelijkheden in een transitie als de warmtetransitie vaak moeilijk te overzien zijn. Een rekenmodel helpt dan om deze afhankelijkheden in rekenregels vast te leggen en zo een beter beeld te krijgen van de technische mogelijkheden binnen de warmtetransitie.

Voor de ASA2025 is gebruik gemaakt van het [Vesta MAIS-model](#). Dit is een ruimtelijk energiemodel, ontwikkeld door het PBL, dat het energiegebruik en de CO₂-uitstoot berekent van alle woningen en van de gebouwen in de dienstensector. Denk hierbij aan kantoren, winkels en panden van andere dienstensectoren, ook wel utiliteitsgebouwen genoemd. Het rekenmodel bestaat uit verschillende onderdelen, namelijk invoerbestanden, invoerparameters en de rekenregels. In deze paragraaf lichten we deze onderdelen toe en beschrijven we per onderdeel enkele aanpassingen in de ASA2025 ten opzichte van de SA2020.

2.1.1 Invoerbestanden

Bij de invoerbestanden gaat het met name om bestanden met ruimtelijke informatie, zoals de ligging van gebouwen in Nederland of de locaties van restwarmtebronnen. Dit zijn vaak grote databestanden. Bij de ligging van gebouwen gaat het bijvoorbeeld om 9 miljoen gebouwen, waarbij het invoerbestand ook aanvullende informatie bevat zoals het bouwjaar en het bouwtype. Hieronder worden de belangrijkste aanpassingen van de invoerbestanden beschreven ten opzichte van de SA2020.

Gebouwenmerken

Voor de gebouwenvoorraad is gebruik gemaakt van de Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG), die wordt beheerd door het Kadaster (Kadaster 2025). Voor de SA2020 werd gebruik gemaakt van de BAG van 01-01-2020, voor de ASA2025 wordt gebruik gemaakt van de BAG van 01-01-2024. Gebouwen met een bouwjaar van 2020 of later zijn niet meegenomen in de analyse onder de aanname dat deze al aardgasvrij zijn opgeleverd.

Aan de gebouwen zijn de geldige energielabels gekoppeld die bekend waren op 01-02-2024; gebouwen zonder energielabel zijn gecategoriseerd als 'geen label'. Hier is ook een verfijning gedaan ten opzichte van de SA2020. In de SA2020 werd namelijk voor de utiliteitsgebouwen altijd uitgegaan van labels op basis van bouwtype en bouwjaar, zogeheten default labels. In de ASA2025 worden geldige energielabels meegenomen voor deze gebouwen en wordt het default label alleen gebruikt voor de utiliteitsgebouwen met 'geen label'. Daarnaast is een aanvullende verbeterslag gedaan voor utiliteitsgebouwen. De utiliteitsgebouwen met een zeer klein gebruiksoppervlak

worden niet meer meegenomen in de berekeningen. Het minimumoppervlak verschilt per utiliteitstype, maar is voor de meeste gebouwen 50 vierkante meter. Het gaat dan met name om kleine bergingen, garageboxen en diverse andere kleine gebouwen die niet structureel verwarmd hoeven te worden.

Referentieverbruik

Voor de inschatting van het gemiddelde energieverbruik van woningen is voor de SA2020 een methode ontwikkeld die direct is gebaseerd op statistische data van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) (Van den Wijngaart & Van Polen 2020). Deze methode is sindsdien verder ontwikkeld en in 2023 heeft het PBL de ‘Referentieverbruikmethode’ gepubliceerd (Van Beijnum et al. 2023). Met het Referentieverbruik wordt voor elke woning in Nederland een inschatting gemaakt van het energieverbruik, gebaseerd op meetgegevens van woningen met dezelfde bouwtechnische kenmerken zoals bouwjaar en woningtype. Voor de ASA2025 is er nog een ontwikkelslag gedaan om de inschattingen te verbeteren. De inschatting op woningniveau wordt ook gedeeld via de gemeentebestanden³, zodat gemeenten deze informatie kunnen gebruiken in hun analyses van de verduurzaming van de gebouwde omgeving. Verschillen in energieverbruik tussen de SA2020 en de ASA2025 zijn afhankelijk van het woningtype en de bouwjaarklasse. Deze worden verder toegelicht in het laatste rapport over het Referentieverbruik.

Beschikbaarheid warmtebronnen

De basis voor de warmtebronnen voor warmtenetten is de Warmteatlas (RVO 2025). Gemeenten konden gedurende de periode van maart 2024 tot en met juni 2024 aanvullende informatie aanleveren over de opgenomen (rest)warmtebronnen. Van de 342 gemeenten hebben 37 gemeenten gereageerd en deze aanvullingen zijn opgenomen in het databestand dat ook weer wordt opgenomen in de Warmteatlas. Naast de (rest)warmtebronnen wordt in de ASA2025 ook geothermie meegenomen. Hiervoor is een geothermiecontour gebruikt; dit is een ruimtelijk vlak dat aangeeft waar geothermie onderzocht is. Deze contour is geactualiseerd (TNO 2024b).

2.1.2 Invoerparameters

Bij invoerparameters gaat het veelal om uitgangspunten voor een techniek, ook wel kentallen genoemd. Denk hierbij aan de kosten van een techniek, het technische rendement van warmteomzetting, kosten van energiedragers of andere aannames. Een rekenmodel als het Vesta MAIS-model bevat een uitgebreide set aan invoerparameters voor alle technieken die worden meegenomen. De aanpassingen van deze invoerparameters worden beschreven in het verdiepende rapport (Van Beijnum et al. 2025). De keuzes voor deze aanpassingen te doen, zijn gebaseerd op literatuurstudie, validatiesessies met experts en diverse andere vormen van informatie.

Algemene inflatiecorrectie

Voordat we ingaan op enkele specifieke aanpassingen in de invoerparameters is het goed om stil te staan bij een algemene aanpassing die geldt voor alle kosten, namelijk de inflatiecorrectie. Het kostenniveau van de SA2020 was euro₂₀₁₈, voor de ASA2025 worden kosten uitgedrukt in euro₂₀₂₃. De

³ De Referentieverbruik-methode wordt apart beschikbaar gesteld in de vorm van flexibele Excelbestanden, de zogeheten ‘gemeentebestanden’. De gemeentebestanden bevatten veel informatie over de woningen in een gemeente zoals het type woningtype, de bouwperiode en het energielabel. Ook wordt voor iedere woning een schatting van het energieverbruik gegeven.

kosten zijn door inflatie in de periode 2018 – 2023 gemiddeld met 24 procent toegenomen (CBS 2025). Wanneer geen aanvullende informatie is verkregen via de literatuurstudies en de validatiesessies worden kosten altijd gecorrigeerd met dit inflatiepercentage.

Terminologie bij isolatie in de ASA2025

In de ASA2025 worden verschillende niveaus van isolatie meegenomen. Voor de isolatieniveaus wordt uitgegaan van de schillabels B+ en D+, waarbij hier deze termen kort worden toegelicht. Met schillabel wordt bedoeld: het isolatieniveau van de schil dat een gebouw met dit label (B of D) zou hebben als er geen andere verduurzamingsmaatregelen zijn getroffen dan schilmaatregelen (isolatie en ventilatie). Met andere woorden: de isolatie die nodig is om dit label (B of D) te halen als de woning wordt verwarmd met een Hr-ketel en geen zonnepanelen heeft. Het afgegeven energielabel van een gebouw wijkt hiermee af van het schillabel, omdat het afgegeven label ook beïnvloed wordt door de opwekinstallatie en eventuele zonnepanelen. Voor een gebouw dat verwarmd wordt met een Hr-ketel en dat geen zonnepanelen heeft komt het schillabel wel overeen met het afgegeven energielabel. De termen B+ en D+ geven het aangenomen isolatieniveau weer in de varianten, zoals te zien in de volgende paragraaf. Bij varianten met schillabel D+ worden alle gebouwen die in de startsituatie een slechter schillabel hebben dan schillabel D geïsoleerd tot schillabel D, gebouwen die in de startsituatie schillabel D of beter hebben worden niet verder geïsoleerd. Voor de varianten met schillabel B+ geldt hetzelfde principe, alleen gaat het dan om gebouwen die in de startsituatie een slechter schillabel hebben dan schillabel B.

Specifieke aanpassingen uitgelicht

Voor andere invoerparameters zijn specifieke aanpassingen gedaan aan de hand van nieuwe (kosten)informatie. De belangrijkste zijn:

- **Aanpassingen in de investeringskosten voor energiebesparing (isolatie):** In de SA2020 is ervan uitgegaan dat utiliteitsgebouwen in alle varianten naar schillabel B worden geïsoleerd wegens beperkte beschikbare data. In de ASA2025 wordt wel onderscheid gemaakt tussen isoleren naar schillabel B en naar schillabel D (TNO 2023). Voor woningen is een actualisatie van de investeringskosten uitgevoerd door TNO, waarna nog bewerkingen zijn gedaan door het PBL (Tigchelaar et al. 2025). Dit wordt beschreven in het verdiepende rapport.
- **Aanpassingen investeringskosten warmtepompen en warmtenetten:** De investeringskosten voor warmtepompen bij woningen zijn gestegen, waarbij de stijging voor bodemwarmtepompen groter is dan bij lucht-waterwarmtepompen. Voor warmtenetten zijn de kosten ook gestegen. Hier is onder andere een stijging te zien in de benodigde kosten voor het ontsluiten van (rest)warmtebronnen; de precieze stijging is afhankelijk van het type warmtebron. Ook is een stijging zichtbaar in de kosten van warmteleidingen voor warmte-distributie.
- **Aanpassingen in rendementen van warmtepompen:** De rendementen van individuele warmtepompen zijn in de ASA2025 afhankelijk van de benodigde afgiftetemperatuur en daarmee het schillabel gemaakt. Voor collectieve warmtepompen geldt dat de rendementen over het algemeen verbeterd zijn ten opzichte van de aannames in de SA2020.
- **Aanpassing/toevoeging van projectmanagementkosten:** De rol van projectmanagementkosten in de totale kosten is veel groter in de ASA2025 dan in de SA2020. Voor de SA2020 werden alleen lage bedragen aangenomen voor warmtenetten, nu worden projectmanagementkosten meegenomen voor alle strategieën. Deze kosten zijn echter nog wel zeer onzeker, om deze reden zijn ook gevoeligheidsanalyses gedaan om inzicht te geven in de gevoeligheid van deze aannames. Deze worden beschreven in paragraaf 3.2.3.

- **Kosten van klimaatneutrale energiedragers:** Voor de ASA2025 is gebruik gemaakt van een andere methode voor het bepalen van de kosten van klimaatneutraal gas en klimaatneutrale elektriciteit. De kosten van deze klimaatneutrale energiedragers zijn in de ASA2025 gebaseerd op een geraamde marktprijs op basis van de Trajectverkenning Klimaatneutraal 2050 (PBL 2024). De reden hiervoor is dat dit meer in lijn is met de gedachte dat de kosten van klimaatneutrale energiedragers voor de gebouwde omgeving afhankelijk zijn van vraag en aanbod naar deze energiedragers in het gehele energiesysteem. Dit resulteert in hogere kosten voor klimaatneutraal gas in de ASA2025 dan in de SA2020. De kosten van klimaatneutrale elektriciteit zijn lager in de ASA2025. In paragraaf 3.2.1 worden de effecten in beeld gebracht van deze aannames door middel van gevoeligheidsanalyses.

2.1.3 Rekenregels

Een rekenmodel bestaat uit een grote hoeveelheid rekenregels waarmee verbanden worden gelegd tussen verschillende componenten van de warmtetransitie. Het grootste deel van deze rekenregels is gelijk gebleven tussen SA2020 en de ASA2025; er zijn wel enkele kleine toevoegingen gedaan. Zo werd er in de SA2020 nog uitgegaan van hetzelfde warmteverlies in leidingen voor alle warmtenetten. In de ASA2025 wordt nu onderscheid gemaakt in het warmteverlies in leidingen tussen de verschillende temperatuurniveaus van warmtenetten. Het warmteverlies verschilt nu dus tussen warmtenetten die 70 °C-, 30 °C- of 15 °C- warmte transporteren. De informatie hiervoor is verkregen via de validatiesessies waarin experts informatie hebben aangeleverd over deze warmteverliezen. Naast de warmteverliezen is ook een nieuw type bron toegevoegd aan de rekenregels, de zogeheten lijnbron in de vorm van Warmteling.⁴ In overleg met Gasunie is Warmteling als bron opgenomen, waarbij ook meegenomen is hoeveel vermogen Warmteling kan leveren in de verschillende uitkoppelpunten.

De laatste aanpassing is al kort beschreven in paragraaf 2.1.2, namelijk de toevoeging van een extra isolatieniveau bij utiliteitsgebouwen. In de SA2020 werd ervan uitgegaan dat utiliteitsgebouwen in alle varianten (ook met schillabel D+) worden geïsoleerd naar schillabel B+. In de ASA2025 is het uitgangspunt dat bij schillabel D+-varianten niet alleen woningen worden geïsoleerd naar D+, maar ook utiliteitsgebouwen.

2.2 Strategieën en varianten

In de ASA2025 brengen we de nationale meerkosten in beeld van diverse aardgasvrije opties om gebouwen te verwarmen. Deze verwarmingsopties zijn ingedeeld in vier strategieën, die zijn gebaseerd op de benodigde infrastructuur en techniek. Voor elk van deze strategieën zijn verschillende invullingen mogelijk van technieken gecombineerd met isolatieniveaus. De combinatie van techniek met isolatieniveau wordt aangeduid als varianten.

De SA2020 bevatte 5 strategieën met in totaal 24 aardgasvrije varianten, in de ASA2025 zijn er 4 strategieën met in totaal 18 aardgasvrije varianten. In tabel 1 staat een overzicht van de strategieën en varianten in de ASA2025. De varianten in de strategie met individuele elektrische

⁴ Warmteling is een ondergrondse leiding waarmee warmte uit de Rotterdamse haven kan worden gebruikt om huizen en bedrijven in Zuid-Holland duurzaam te verwarmen.

warmtepompen (strategie 1) en de warmtenetten met een MT/HT-warmtebron (strategie 2) zijn ongewijzigd. Hieronder gaan we in op de aanpassingen in strategie 3 en 4.

2.2.1 Strategieën en varianten in de ASA2025

Tabel 1

Overzicht van strategieën en bijbehorende varianten in de ASA2025

Strategiecode	Omschrijving strategie	Variant-code	Schil-label	Omschrijving variant
S1	Individuele elektrische warmtepomp	S1a	B+	Luchtwarmtepomp
		S1b	B+	Bodemwarmtepomp
S2	Warmtenet met midden- of hogetemperatuurbron	S2a	B+	MT-restwarmte
		S2b	B+	MT-geothermie potentie-contour
		S2c ^a	B+	MT-geothermie overal
		S2d	D+	MT-restwarmte
		S2e	D+	MT-geothermie potentie-contour
		S2f ^a	D+	MT-geothermie overal
S3	Combinatie van warmtenet met (Z)LT-warmtebron en individuele elektrische warmtepompen	S3a	B+	Restwarmte, bron 15-30 °C, individueel opwaarderen tot 50 °C + TW ^b
		S3b	B+	WKO, bron 15 °C, individueel opwaarderen tot 50 °C + TW ^b
		S3c	B+	WKO, bron 15 °C, collectief opwaarderen tot 70 °C
		S3d	B+	WKO, bron 15 °C, collectief opwaarderen tot 50 °C, booster voor TW ^b
		S3e	B+	WKO + TEO, bron 15 °C, individueel opwaarderen tot 50 °C + TW ^b
		S3f	D+	Restwarmte, bron 15-30 °C, collectief opwaarderen tot 70 °C
		S3g	D+	WKO, bron 15 °C, individueel opwaarderen tot 50 °C + TW ^b
		S3h	D+	WKO, bron 15 °C, collectief opwaarderen tot 70 °C
S4	Hybride warmtepomp met klimaatneutraal gas	S4a	B+	Hybride warmtepomp
		S4b	D+	Hybride warmtepomp

a) Varianten S2c en S2f zijn theoretische varianten, onder de aanname dat een geothermieboring op elke locatie mogelijk is en niet enkel in gebieden waarvan bekend is dat ze onderzocht zijn voor geothermie. Om deze reden worden deze varianten uitgesloten van de laagste nationale kostenvergelijking. Om gemeenten inzicht te geven in kosten voor gebieden waar de mogelijkheden nu nog onbekend zijn, worden deze varianten wel meegenomen in de berekeningen.

b) TW: tapwater

2.2.2 Combinatie van een warmtenet met (zeer)lage temperatuur-warmtebron en individuele warmtepompen, strategie 3

Strategie 3 is een combinatie van aansluitingen op een warmtenet met een (Z)LT-warmtebron en individuele elektrische warmtepompen. De verhouding tussen de individuele warmtepompen en de aansluitingen op een warmtenet wordt gebaseerd op de clusteringsmethode. In deze methode wordt op verschillende niveaus een afweging gemaakt tussen de kosten om aan te sluiten op het warmtenet en de individuele warmtepomp. Deze methode wordt verder toegelicht in het verdiepende rapport.

Deze strategie wijkt hiermee af van de andere strategieën waar per buurt altijd wordt uitgegaan van één warmtetechnologie of infrastructuur. De reden hiervoor is dat (Z)LT-warmtebronnen niet altijd voldoende vermogen hebben om de hele buurt van warmte te voorzien. In de ASA2025 is het uitgangspunt dat alle gebouwen in een buurt van warmte worden voorzien; daarom worden deze warmtenetten aangevuld met individuele elektrische warmtepompen. De individuele warmtepompen beslaan zelfs een groot deel van het aantal aansluitingen, gemiddeld zijn dit namelijk 78 procent van de aansluitingen in buurten met deze strategie.

Strategie 3 bevat het grootste aantal varianten van alle strategieën, omdat er zeer veel mogelijkheden zijn voor het gebruik van deze warmtebronnen. Zo zijn er verschillende typen warmtebronnen die als bron kunnen dienen van het warmtenet. In de ASA2025 wordt onderscheid gemaakt naar (Z)LT-restwarmtebronnen (zoals datacenters) en warmte-koudeopslag (WKO). Bij de WKO-systemen wordt nog onderscheid gemaakt naar algemene regeneratie en regeneratie met thermische energie uit oppervlaktewateren (TEO) zoals rivieren. Daarnaast zijn er ook verschillende niveaus waar de opwaardering plaatsvindt, namelijk collectief of individueel met water-waterwarmtepompen. In de ASA2025 zijn daarbij nieuwe varianten opgenomen waarin de individuele opwaardering met water-waterwarmtepompen vanaf 15 °C naar het gewenste temperatuur-niveau wordt gebracht. Deze vervangen met name varianten uit de SA2020 waarin WKO-systemen werden gemodelleerd voor de hele buurt, in plaats van via de clusteringsmethode. Deze doorrekeningen worden nog wel gedaan, maar komen alleen terug in de buurttabellen en als aparte varianten.

Over het geheel geeft de ASA2025 hiermee inzicht in diverse mogelijkheden voor de opbouw van dit type warmtenetten, maar dit overzicht is niet uitputtend. Dit type warmtenetten kent namelijk zeer veel verschillende typen configuraties op lokaal niveau. Hierbij kan specifieke aandacht zijn voor combinaties van warmte- en koudevraag, regeneratiesystemen, opbouw van flexibiliteit in het energiesysteem en diverse andere aspecten. Met andere woorden: de ASA2025 geeft een beeld van mogelijke configuraties, maar op lokaal niveau kunnen diverse factoren een rol spelen in de opbouw van het warmtenet.

2.2.3 Hybride warmtepomp met klimaatneutraal gas, strategie 4

In de SA2020 zaten in totaal 8 varianten met klimaatneutrale gassen, verdeeld over 2 strategieën, namelijk groen gas en groene waterstof. In de ASA2025 zijn er in totaal 2 varianten in 1 strategie met klimaatneutraal gas. De vermindering van 8 naar 2 varianten komt door de samenvoeging van de twee typen gassen en het niet meer meenemen van stand alone-hr-ketels. Deze aanpassingen worden hieronder kort toegelicht.

Geen standalone hr-ketels

In de SA2020 werden vier varianten meegenomen met een hr-ketel. De toekomstige schaarste aan klimaatneutrale gassen (groen gas en waterstof) maakt de inzet van standalone hr-ketels echter onwaarschijnlijk ten opzichte van de hybride warmtepomp. Om deze reden is besloten de varianten met standalone-hr-ketels te schrappen en niet meer mee te nemen in de ASA2025. De hybride warmtepomp, een hr-ketel in combinatie met een warmtepomp, is nog wel onderdeel van de varianten.

Klimaatneutraal gas

In de SA2020 werd binnen de strategieën onderscheid gemaakt tussen het gebruik van groen gas (toen strategie 4) en waterstof (toen strategie 5). Voor de ASA2025 is een nieuwe benadering gekozen voor het bepalen van de kosten van deze energiedragers, waarbij voor groen gas een indicatie van een groothandelsprijs is bepaald aan de hand van de Trajectverkenning Klimaatneutraal Nederland 2050 (PBL 2024). Door de grote onzekerheid rondom de (toekomstige) productie van groene waterstof is het niet mogelijk hetzelfde te doen voor waterstof (Elzenga 2025). Om deze reden is ervoor gekozen om één strategie te hanteren voor hybride warmtepompen met klimaatneutrale gassen (strategie 4). De indicatie van de kosten wordt verder toegelicht in het verdiepende rapport (Van Beijnum et al. 2025).

Voor de aannames over de beschikbaarheid van klimaatneutraal gas wordt grotendeels aangesloten bij de uitgangspunten die zijn gehanteerd in de SA2020. In SA2020 werd uitgegaan van een beschikbaarheid van 2 miljard kubieke meter groen gas voor de gebouwde omgeving. In de ASA2025 is dit 2 miljard kubieke meter klimaatneutraal gas, een combinatie van groen gas en groene waterstof. De 2 miljard kubieke meter is gebaseerd op de beleidsambitie voor 2050 die is uitgesproken in het Klimaatakkoord (2019). Deze ambitie geldt nog steeds, zo hebben de ministeries ons eind 2024 bevestigd. Deze ambitie is hoog; in de Klimaat- en Energieverkenning 2024 is er voor 2030 een veel lagere productie geraamd van 0,3 - 0,5 miljard kubieke meter groen gas (PBL, TNO, CBS & RIVM 2024). Daarbij kan dit groene gas nog ingezet worden voor alle sectoren in Nederland; niet alleen voor de gebouwde omgeving. Ook voor waterstof is de toekomstige productie onzeker, zoals ook wordt beschreven in Elzenga (2025). In paragraaf 3.2.1 doen we daarom ook gevoeligheidsanalyses waarbij wordt uitgegaan van een lagere beschikbaarheid van groen gas en groene waterstof.

3 Resultaten op nationaal niveau

De ASA2025 is primair gericht op de ondersteuning van gemeenten, door resultaten te presenteren op buurniveau. Echter, deze resultaten geven ook relevante inzichten voor Nederland als geheel. In dit hoofdstuk gaan we in op de resultaten op nationaal niveau. We beginnen met enkele noties die helpen bij de interpretatie van de resultaten. Vervolgens gaan we in op de hoofdberekeningen in paragraaf 3.1 en de gevoeligheid van deze berekeningen in paragraaf 3.2. Als laatste wordt in paragraaf 3.3 ingegaan op de koppeling tussen de resultaten op basis van aansluitingen en de resultaten op basis van buurten. Dit geeft inzicht in de ruimtelijke verdeling van de warmtestrategieën.

Interpretatie van de resultaten

Om de resultaten goed te kunnen interpreteren zijn de volgende noties van belang:

1. De resultaten betreffen altijd de nationale meerkosten die worden gemaakt om van de referentiesituatie in 2030 te komen tot de betreffende strategie (zie tabel 1).
2. Autonome ontwikkelingen, gemeentelijke plannen of beleidsafspraken zoals de nationale prestatieafspraken met de corporatiesector, zijn niet meegenomen. Wanneer er al verduurzamingskeuzes voor isolatie of een warmtetechnologie zijn gemaakt, kan het zo zijn dat warmteopties in de ASA2025 minder relevant zijn.
3. De ASA2025 rekent op buurniveau omdat dit van belang is voor gemeenten bij de vormgeving van het warmteprogramma. Omdat het voor het inzicht op nationaal niveau relevanter is hoeveel gebouwen gebruik maken van een warmteoptie, wordt de landelijke verdeling niet getoond op basis van het aantal buurten maar op basis van aantallen aansluitingen.
4. We presenteren resultaten voor het aantal aansluitingen per warmteoptie op basis van de strategie met de laagste nationale meerkosten per buurt. Als het kostenverschil met een andere strategie kleiner is dan 20 procent, is bepaald of het aantal aansluitingen per warmteoptie hierdoor verandert. Deze 20 procent is gebaseerd op een uitvraag onder gemeenten, maar het is ook mogelijk een ander kostenverschilpercentage als uitgangspunt te nemen.
5. Concreet bestaan de uitkomsten van strategie 3 met (Z)LT-warmtenetten uit een combinatie van individuele elektrische warmtepompen en aansluitingen op een warmtenet met een (Z)LT-warmtebron. Deze combinatie komt tot stand door middel van de clusteringsmethode, beschreven in paragraaf 2.2.2. De meeste buurten hebben een relatief groot aandeel individuele elektrische warmtepompen, gemiddeld 78 procent. De nationale meerkosten van deze strategie liggen daarom ook relatief vaak dicht bij de nationale meerkosten van strategie 1 met alleen individuele elektrische warmtepompen.
6. De beschikbaarheid van klimaatneutraal gas is onzeker, zoals beschreven in paragraaf 2.2.3. Een hybride warmtepomp met klimaatneutraal gas komt echter voor een belangrijk deel van de buurten wel naar voren als de optie met de laagste nationale meerkosten, maar de inzet wordt gemaximeerd. Klimaatneutraal gas moet daarom verdeeld worden. Er is voor gekozen om dit in te zetten in buurten waar het kostenverschil met andere strategieën het grootste is. Dit is een grove benadering voor de mogelijke verdeling over buurten.

3.1 Resultaten van hoofdberekeningen

De ASA2025 bevat 4 strategieën en 18 varianten, waarvoor per buurt de nationale meerkosten worden berekend. Voor elke buurt is bepaald welke strategie voor die buurt de laagste nationale meerkosten heeft en wat het verschil is met de meerkosten van de andere strategieën. In dit hoofdstuk worden de resultaten gepresenteerd op basis van het aantal aansluitingen met een individuele elektrische warmtepomp, op een warmtenet met (Z)LT-warmtebron, op een warmtenet met MT/HT-warmtebron en met een hybride warmtepomp. Er wordt aangegeven wanneer het kostenverschil met de eerstvolgende warmteoptie kleiner is dan 20 procent.

Toelichting op de opbouw van figuren

De ASA 2025 bevat veel gedetailleerde data en deze worden in dit hoofdstuk op nationaal niveau weergegeven. Hiervoor worden diverse aggregaties, vanaf buurniveau, toegepast. Om deze reden wordt de gehanteerde opbouw van de figuren kort toegelicht.

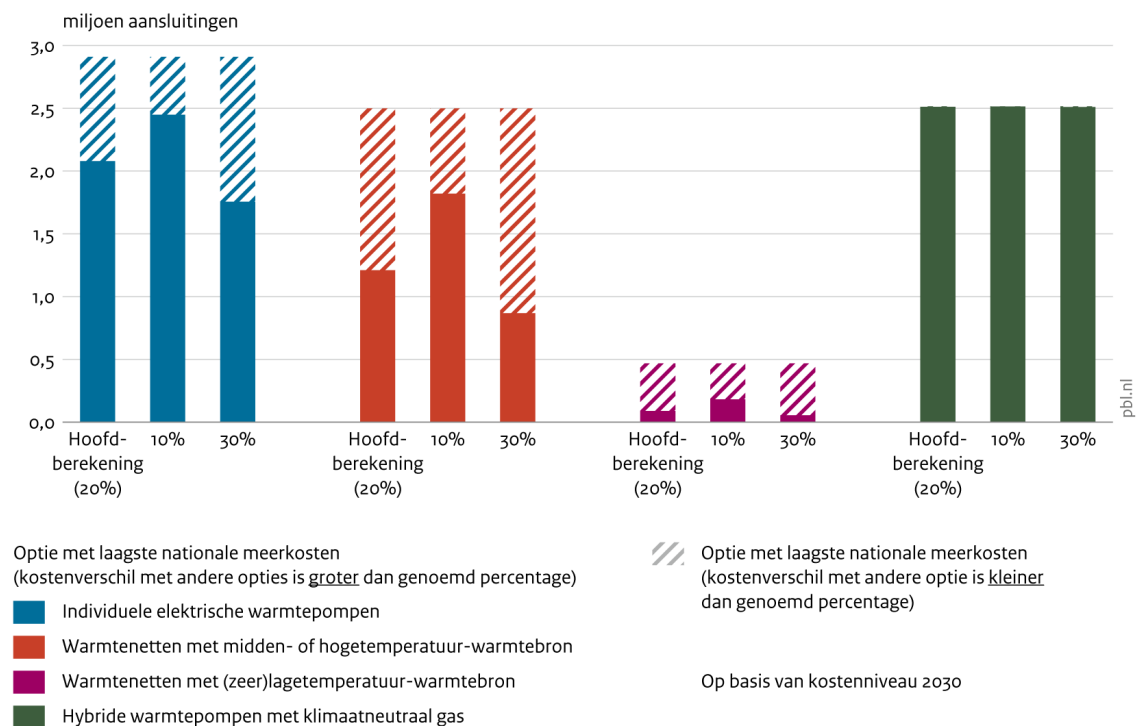
- **Individuele elektrische warmtepompen.** Hierbij gaat het om de individuele elektrische warmtepompen die voorkomen bij strategie 1 en 3.
- **Warmtenetten met (Z)LT-warmtebron.** Hierbij gaat het om aansluitingen op een warmtenet met een (Z)LT-warmtebron die voorkomen bij strategie 3. Het verschilt per variant of de warmte wordt opgewaardeerd met een collectieve warmtepomp of met individuele elektrische warmtepompen. Wanneer er een individuele water-water warmtepomp wordt geplaatst, die warmte uit een warmtenet met (Z)LT-bron opwaardeert, dan wordt dit gezien als een warmtenetaansluiting.
- **Warmtenetten met MT/HT- warmtebron.** Hierbij gaat het om aansluitingen op een warmtenet met een MT/HT-warmtebron. In de ASA 2025 wordt dit type warmtenetten doorgerekend op buurniveau. Hierbij is er dus geen combinatie met individuele elektrische warmtepompen zoals binnen strategie 3. Dit betreft zowel de bestaande als nieuwe warmtenetten. Het gaat hierbij om alle aansluitingen die terugkomen in buurten met strategie 2.
- **Hybride warmtepompen met klimaatneutraal gas.** Hierbij gaat het om het aantal aansluitingen met een hybride warmtepomp, die worden gevoed met klimaatneutraal gas en klimaatneutrale elektriciteit.

De figuren tonen resultaten voor het aantal aansluitingen per warmteoptie op basis van de strategie met de laagste nationale meerkosten per buurt. Als het kostenverschil met een andere strategie kleiner is dan 20 procent, is bepaald of het aantal aansluitingen per warmteoptie hierdoor verandert. In figuur 2 is het kostenverschilpercentage gevarieerd. Bij aansluitingen op een bestaand warmtenet worden andere warmteopties niet als mogelijk alternatief beschouwd.

In figuur 2 worden de resultaten weergegeven voor het aantal aansluitingen per warmteoptie volgens de hoofdberekeningen. In totaal geldt voor 30 procent van de aansluitingen dat het kostenverschil met een andere warmteoptie kleiner is dan 20 procent. Voor 2,9 miljoen aansluitingen hebben individuele elektrische warmtepompen de laagste nationale meerkosten. Voor 0,8 miljoen aansluitingen met een individuele elektrische warmtepomp is het kostenverschil met een andere warmteoptie kleiner dan 20 procent. Warmtenetten met een MT/HT-warmtebron hebben de laagste nationale meerkosten voor 2,5 miljoen aansluitingen. Dit is inclusief de aansluitingen op een bestaand warmtenet. Voor 1,3 miljoen warmtenetaansluitingen met een MT/HT-warmtebron is het kostenverschil met een andere warmteoptie kleiner dan 20 procent.

Voor 0,5 miljoen aansluitingen heeft een warmtenet met (Z)LT-warmtebron de laagste nationale meerkosten. Voor 0,4 miljoen aansluitingen is het kostenverschil met een andere warmteoptie kleiner dan 20 procent. Voor 2,5 miljoen aansluitingen is een hybride warmtepomp op klimaatneutraal gas de warmteoptie met de laagste nationale meerkosten. Het kostenverschil met de andere warmteopties is vrijwel altijd groter dan 20 procent. Dit komt door de gebruikte methode voor de toewijzing van klimaatneutraal. Deze warmteoptie wordt namelijk ingezet in buurten waarin het kostenverschil met andere strategieën het grootste is.

Figuur 2
Aansluitingen per warmteoptie met variabel kostenverschil



Bron: PBL

Met het variëren van het kostenverschilpercentage wordt meer inzicht verkregen in de grootte van de kostenverschillen tussen de warmteopties. Ten eerste blijkt dat er vrijwel geen effect is op de hybride warmtepompen met klimaatneutraal gas, wat mede het gevolg is van de methode die in de ASA2025 wordt gehanteerd om klimaatneutraal gas te verdelen over buurten. In totaal zijn er 2,9 miljoen aansluitingen op een individuele elektrische warmtepomp. Voor 1,2 miljoen van deze aansluitingen is het kostenverschil met een andere warmteoptie kleiner dan 30 procent en voor 0,5 miljoen aansluitingen is het kostenverschil met een andere warmteoptie kleiner dan 10 procent. Er zijn 2,5 miljoen aansluitingen op een warmtenet met een MT/HT-warmtebron in de hoofdberekeningen. Voor 1,6 miljoen van deze aansluitingen het kostenverschil met een andere warmteoptie kleiner dan 30 procent en voor 0,7 miljoen aansluitingen is het kostenverschil met een andere warmteoptie kleiner dan 10 procent. Het totaal aantal aansluitingen op een warmtenet met een (Z)LT-warmtebron is 0,5 miljoen. Voor 0,4 miljoen van deze aansluitingen is het kostenverschil met een andere warmteoptie kleiner dan 30 procent en voor 0,3 miljoen aansluitingen is het kostenverschil met een andere optie kleiner dan 10 procent.

Geen grote veranderingen in resultaten op nationaal niveau ten opzichte van de SA2020

Wanneer de resultaten van de ASA2025 worden vergeleken met de resultaten van de SA2020, zijn er op nationaal niveau geen grote verschuivingen te zien. Ook in de ASA2025 komt een duidelijke mix van warmteopties terug. Er is een lichte daling in het aandeel van warmtenetten op een MT/HT-warmtebron en individuele elektrische warmtepompen; die wordt met name opgevangen door een groter aandeel hybride warmtepompen met klimaatneutraal gas en warmtenetaansluitingen met een (Z)LT-warmtebron. Het aandeel van de aansluitingen op warmtenetten met een MT/HT-warmtebron in het totaal aantal aansluitingen was 34 procent in de SA2020 en is 30 procent in de ASA2025. Het aandeel van individuele elektrische warmtepompen was 38 procent in de SA2020 en is 35 procent in de ASA2025. Het aandeel aansluitingen op (Z)LT-warmtenetten was 2 procent in de SA2020 en is 6 procent in de ASA2025, waarmee deze warmteoptie nog steeds een relatief klein aandeel heeft in het totale aantal aansluitingen. Als laatste neemt het aandeel aansluitingen op klimaatneutraal gas toe van 26 procent in de SA2020 naar 30 procent in de ASA2025. Dit komt onder andere doordat in de ASA2025 alleen hybride warmtepompen worden meegenomen en geen standalone-hr-ketels op klimaatneutraal gas meer. In de SA2020 had 3 procent van de aansluitingen een standalone-hr-ketel. Hierdoor blijft meer klimaatneutraal gas 'over' om te verdeelen over buurten en zodoende zijn er meer aansluitingen op klimaatneutraal gas.

3.2 Gevoeligheidsanalyses

De resultaten in paragraaf 3.1 geven een beeld van de resultaten op nationaal niveau, maar deze resultaten zijn gevoelig voor aannames die zijn gedaan. Hier worden de resultaten weergegeven van gevoeligheidsanalyses die zijn gericht op:

- De beschikbaarheid en kosten van klimaatneutrale gassen;
- De situatie wanneer alleen wordt uitgegaan van varianten met isolatie naar schillabel B+;
- Het effect van aannames omtrent projectmanagementkosten.

We beschrijven hier de resultaten van de gevoeligheidsanalyses op nationaal niveau. Deze resultaten zijn ook beschikbaar in de viewers en de buurttabellen. Daarbij is dit een selectie van de aannames die invloed hebben op de resultaten. Er zijn nog meer aannames die een rol spelen, maar niet voor allemaal is een gevoeligheidsanalyse opgenomen.

3.2.1 Beschikbaarheid en kosten van klimaatneutrale gassen

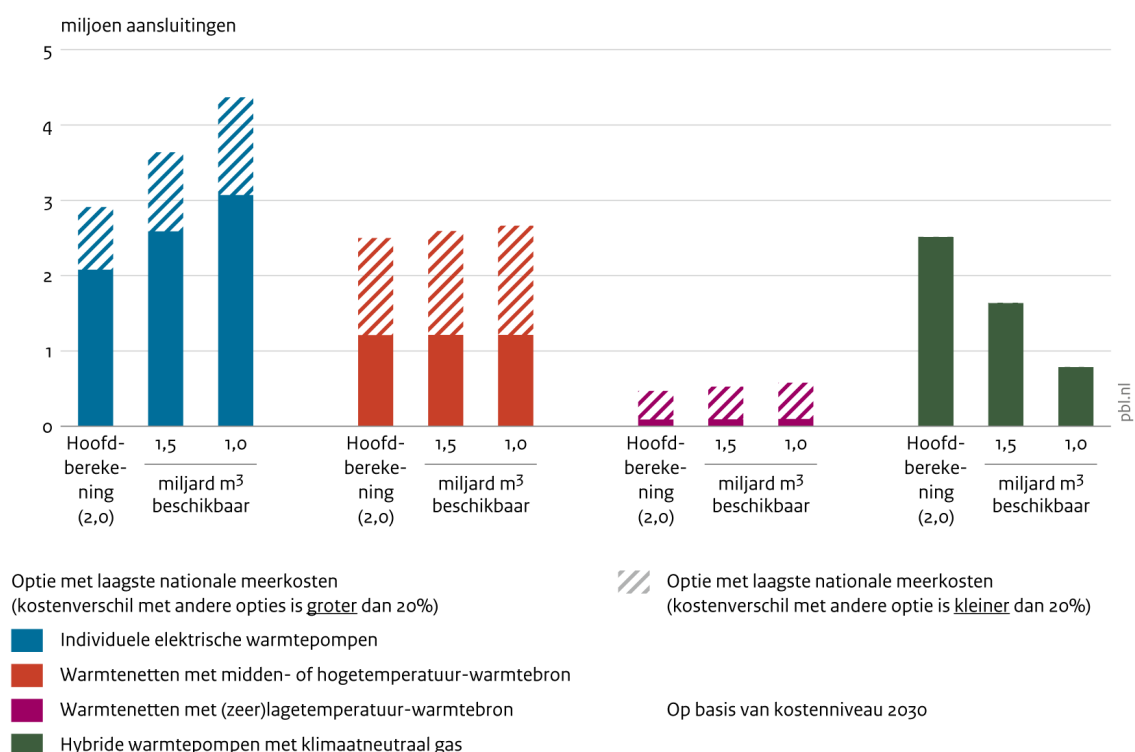
Er is veel onzekerheid over de toekomstige beschikbaarheid en kosten van groen gas en groene waterstof. Daarom hebben we voor de ASA2025 gevoeligheidsanalyses uitgevoerd voor zowel de beschikbaarheid als de kosten van klimaatneutrale gassen.

In paragraaf 2.2.3 is ingegaan op de aannames rondom de beschikbaarheid van klimaatneutraal gas. In de ASA2025 wordt uitgegaan van een beschikbaarheid van 2,0 miljard kubieke meter klimaatneutraal gas voor de gebouwde omgeving in 2050. Hierbij sluiten we aan bij een bestaande beleidsambitie die voor deze analyse nogmaals is voorgelegd aan de ministeries; zij gaven aan dat deze ambitie nog altijd geldt. Deze wordt daarom meegenomen in de hoofdberekeningen, maar er zijn gevoeligheidsanalyses toegevoegd met als uitgangspunt dat de beschikbaarheid lager uitvalt dan geambieerd. De beschikbaarheid wordt in deze gevoeligheidsanalyses verlaagd naar 1,5 en 1,0 miljard kubieke meter klimaatneutraal gas. Van het totale beschikbare klimaatneutraal gas wordt 0,5 miljard kubieke meter gereserveerd voor hulpketels in bestaande en toekomstige warmtenetten.

Figuur 3 laat zien dat bij een lagere beschikbaarheid van klimaatneutraal gas hybride warmtepompen met name worden vervangen door individuele elektrische warmtepompen. Bij een beschikbaarheid van klimaatneutraal gas van 2,0 miljard kubieke meter is het aantal aansluitingen met een hybride warmtepomp 2,5 miljoen. Bij een beschikbaarheid van 1,5 miljard kubieke meter neemt het aantal aansluitingen met een hybride warmtepomp en klimaatneutraal gas af tot 1,6 miljoen bij een beschikbaarheid van 1,0 miljard kubieke meter tot 0,8 miljoen. Het aantal individuele elektrische warmtepompen is 2,9 miljoen bij een beschikbaarheid van 2,0 miljard kubieke meter klimaatneutraal gas. Bij een beschikbaarheid van 1,5 miljard kubieke meter neemt het aantal individuele elektrische warmtepompen toe naar 3,6 miljoen en bij 1,0 miljard kubieke meter naar 4,4 miljoen. Klimaatneutraal gas wordt vaker ingezet in relatief dunbebouwde buurten. Voor deze buurten zijn de kosten om over te gaan op een warmtenet voor de hele buurt relatief hoog ten opzichte van de kosten voor individuele opties of kleinschalige warmtenetten.

Figuur 3

Gevoeligheidsanalyse voor warmteopties met verschil in beschikbaarheid van klimaatneutraal gas



Bron: PBL

Naast de onzekerheid over de beschikbaarheid van klimaatneutraal gas is er ook onzekerheid over de kosten van klimaatneutraal gas. In het verdiepende rapport wordt een toelichting gegeven op de onderbouwing van de uitgangspunten voor de kosten van de energiedragers in de ASA2025 (Van Beijnum et al. 2025). Daarbij is de spreiding rondom de kosten van klimaatneutrale elektriciteit beperkt ten opzichte van de bandbreedte van klimaatneutraal gas⁵. De bandbreedte voor de kosten

⁵ De bandbreedte voor de kosten van elektriciteit is 0,085 tot 0,091 euro₂₀₂₃ per kWh. In de hoofdberekening is uitgegaan van het midden van de bandbreedte.

Bij een kostenniveau van 1,5 euro₂₀₂₃ per kubieke meter klimaatneutraal gas in figuur 4, zijn lichte verschuivingen te zien. Het totale aantal hybride warmtepompen met klimaatneutraal gas blijft ongeveer hetzelfde. Het aantal aansluitingen op een warmtenet met een MT/HT-warmtebron neemt af doordat de kosten van bijstook in hulpketels stijgen. In totaal daalt het aantal aansluitingen op een warmtenet met een MT/HT-warmtebron in deze berekeningen met 0,6 miljoen aansluitingen die ingevuld worden door individuele elektrische warmtepompen (0,5 miljoen aansluitingen) en warmtenetaansluitingen met een (Z)LT-warmtebron (0,1 miljoen aansluitingen).

Bij een kostenniveau van 3,0 euro₂₀₂₃ per kubieke meter klimaatneutraal gas in figuur 4, verschuift het beeld fors. Deze stijging in kosten leidt ertoe dat er bijna geen hybride warmtepompen met klimaatneutraal gas meer voorkomen. Ook het aantal aansluitingen op een warmtenet met MT/HT-warmtebron neemt af, waarbij het nu alleen nog maar gaat om bestaande aansluitingen. Warmte-opties met elektriciteit krijgen in deze gevoeligheidsanalyse de overhand, waarbij het met name gaat om individuele elektrische warmtepompen; 81 procent van de aansluitingen. De warmtenetten met een (Z)LT-warmtebron komen dan uit op 13 procent van de aansluitingen.

Concluderend, wanneer de beschikbaarheid van klimaatneutraal gas lager wordt dan geambieerd of de kosten van klimaatneutraal gas stijgen, zullen met name volledig elektrische verwarmingsopties een grotere rol gaan spelen. De rol van grootschalige warmtenetten met MT/HT-warmtebron zal mede beïnvloed worden door de technologie die de functie van de hulpketel overneemt. Als dit E-boilers of industriële warmtepompen worden, dan kan het beeld voor dit type warmtenetten er anders uitzien. Dit is niet meegenomen in de ASA2025-berekeningen.

3.2.2 Alleen uitgaande van varianten met schillabel B+

De kosten voor het isoleren van gebouwen zijn een belangrijk onderdeel van de totale kosten voor verduurzaming van de gebouwde omgeving. Om een indruk te krijgen van het effect van isolatie op het aantal aansluitingen per warmteoptie, wordt een analyse gemaakt van de resultaten wanneer alleen varianten met isolatieniveau schillabel B+ worden meegenomen. Zie tabel 1 voor een overzicht van de varianten. De duiding van schillabel B+ wordt toegelicht in paragraaf 2.1.2.

Figuur 5 geeft een overzicht van de resultaten wanneer alleen wordt uitgegaan van varianten met isolatieniveau schillabel B+. Hierin valt op dat hybride warmtepompen met klimaatneutraal gas grotendeels verdwijnen. In de hoofdberekeningen wordt deze warmteoptie grotendeels toegepast in combinatie met schillabel D+. Ook warmtenetten met een MT/HT-warmtebron komen in de hoofdberekeningen met name terug gecombineerd met schillabel D+. Wanneer overal gerekend wordt met het lagere energieverbruik door isolatie naar schillabel B+ komt de individuele elektrische warmtepomp vaker naar voren als warmteoptie met de laagste nationale meerkosten. In dicht bebouwde gebieden is te zien dat warmtenetten met een (Z)LT-warmtebron een grotere rol gaan spelen.

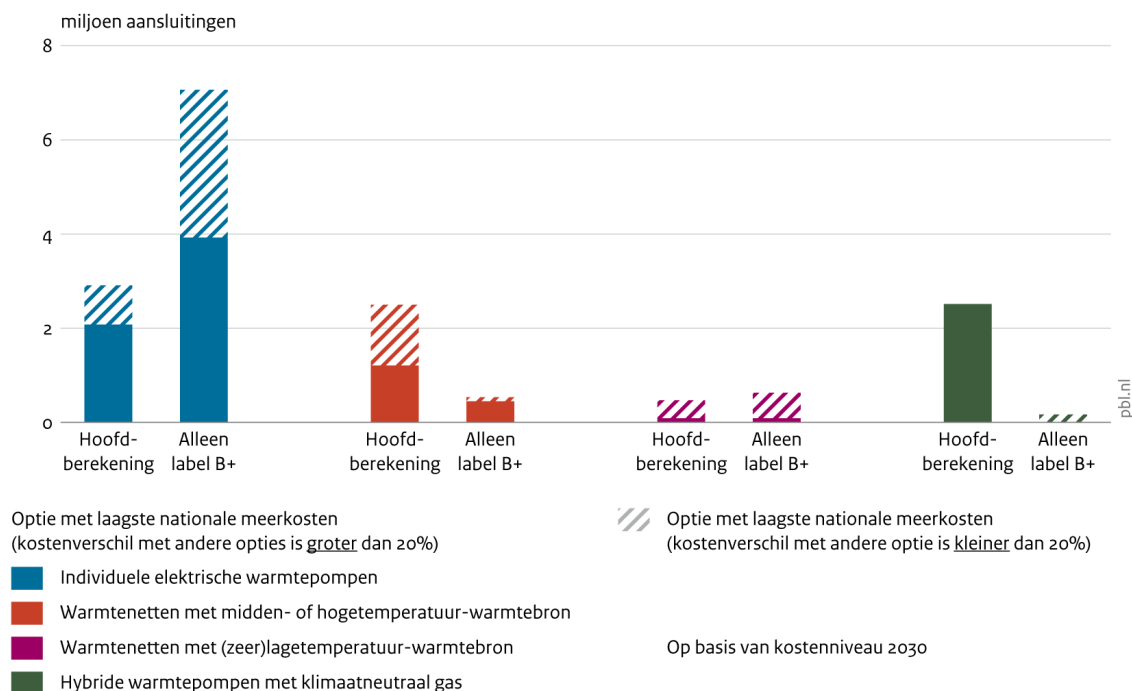
Er is nog veel onzekerheid over het effect van isolatie op het energieverbruik van woningen, zoals te lezen in Van Beijnum et al. (2024). Om deze reden bevat de ASA2025 ook een gevoeligheidsanalyse waarin wordt uitgegaan van een optimistischere inschatting van het effect van isolatie bij zowel schillabel B+ en D+. Deze gevoeligheidsanalyse is er met name op gericht om gemeenten van informatie te voorzien over de onzekerheid rondom het effect van isolatiemaatregelen.

Voor de afwegingen rondom isolatie zijn meer aspecten van belang. In de ASA2025 zijn niet alle maatschappelijke kosten en baten gekwantificeerd. Zo heeft isolatie positieve effecten voor subjectief welzijn en gezondheid wanneer met isolatie ook de binnenmilieukwaliteit verbetert (SCP, PBL &

CPB 2024). Daarnaast resulteert isolatie in een lagere vraag naar energie en vermindert het de afhankelijkheid van de import van aardgas.

Figuur 5

Gevoeligheidsanalyse voor warmteopties uitgaande van Startanalyse-varianten met isolatieniveau label B+



Bron: PBL

3.2.3 Het effect van projectmanagementkosten

In het Klimaatakkoord staan afspraken over het verduurzamen en aardgasvrij maken van de gebouwde omgeving via een wijkgerichte aanpak. In de wijkgerichte aanpak worden plannen opgesteld voor de verduurzaming van complete wijken. Het is daarom aannemelijk dat er ook kosten moeten worden gemaakt voor projectmanagement en afstemming tussen partijen. Naast keukentafelgesprekken gaat het hierbij ook om afstemming met netbeheerders over verzwarend van het elektriciteitsnetwerk, ontwerpkosten van warmtenetten, de inhuur van procesbegeleiders en diverse andere kosten die moeten worden gemaakt om over te gaan naar een aardgasvrije warmtevoorziening. De kosteninschattingen kennen een grote onzekerheid. Er is verondersteld dat de projectmanagementkosten per warmteoptie verschillen. Dat is weergegeven in tabel 2. Bij de hoofdberekening is uitgegaan van het gemiddelde van de lagere en hogere projectmanagementkosten.

Bij lagere projectmanagementkosten is ervan uitgegaan dat een warmteoptie aan kan sluiten op bestaande initiatieven en plannen. De hogere projectmanagementkosten zijn met name gebaseerd op de kosten bij de start van de ontwikkeling van de wijkgerichte aanpak in het Programma Aardgasvrije Wijken (EIB 2021). De verdere onderbouwing van de aannames per aansluiting staan in het verdiepende rapport (Van Beijnum et al. 2025).

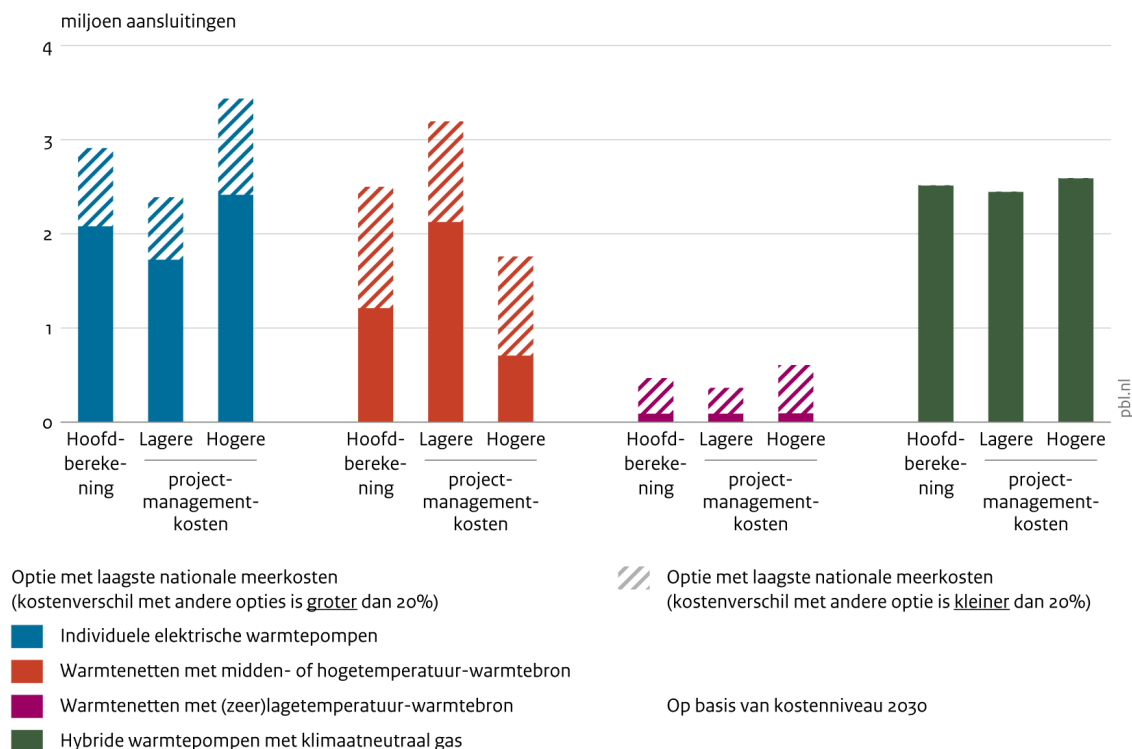
Tabel 2
Aannames voor de projectmanagementkosten in de ASA2025

	Lagere projectmanagementkosten	Hogere projectmanagementkosten
Warmteoptie	Euro ₂₀₂₃ /aansluiting	Euro ₂₀₂₃ /aansluiting
Individuele elektrische warmtepomp	209	5.000
Warmtenet met MT/HT-warmtebron	209	8.000
Warmtenetten met (Z)LT-warmtebron	209	5.000
Hybride warmtepompen met klimaatneutraal gas	209	2.000

De aannames voor de projectmanagementkosten hebben een belangrijke invloed op de verdeling van de aansluitingen over de warmteopties, zoals is te zien in figuur 6. Bij lagere projectmanagementkosten gaat het aantal aansluitingen op een warmtenet met MT/HT-warmtebron omhoog en het aantal aansluitingen op een individuele elektrische warmtepomp omhoog. Bij hogere projectmanagementkosten is het omgekeerde effect zichtbaar. De projectmanagementkosten zijn hiermee een belangrijke aanname voor gemeenten om nader te analyseren. Denk daarbij aan het gebruik van lokaal beschikbare informatie van gemeentelijke projecten, energiecoöperaties of warmtebedrijven. Dit kan leiden tot nauwkeurige inschattingen op lokaal niveau.

Figuur 6

Gevoeligheidsanalyse voor warmteopties met verschil in projectmanagementkosten



3.3 De ruimtelijke verdeling

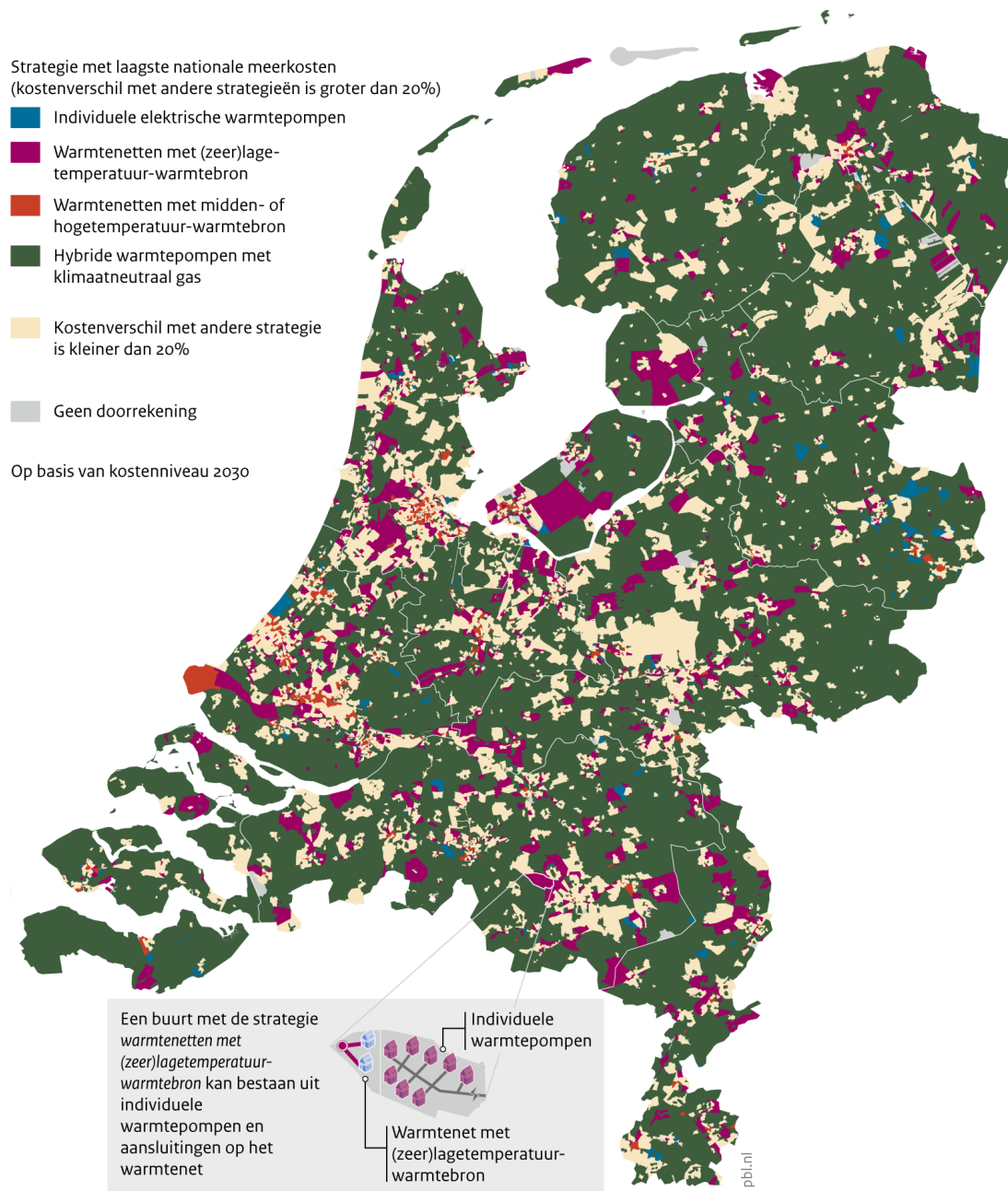
De basis voor de ASA2025 zijn de berekeningen op buurniveau. De kaart van Nederland in figuur 7 laat zien wat de ruimtelijke verdeling is van de strategieën met de laagste nationale meerkosten per buurt. Als het kostenverschil met de andere strategieën groter is dan 20 procent, dan geeft de kleur aan wat voor de betreffende buurt de strategie met de laagste nationale meerkosten is. Als het kostenverschil met een andere strategie kleiner is dan 20 procent, dan wordt de strategie met de laagste nationale meerkosten niet op de kaart getoond, maar wordt de buurt weergegeven als lichtgeel.

De strategie hybride warmtepomp met klimaatneutraal gas (strategie 4) is voor 47 procent van de buurten de strategie met de laagste nationale meerkosten. Het aandeel van hybride warmtepompen in het totaal aantal aansluitingen is slechts 30 procent. Dit komt met name doordat deze warmteoptie wordt ingezet in buurten met een relatief lage bebouwingsdichtheid, vooral in grote buurten met een beperkt aantal aansluitingen. Het omgekeerde geldt voor warmtenetten met een MT/HT-warmtebron. De strategie warmtenetten met MT/HT-warmtebron (strategie 2) is in 14 procent van het aantal buurten de strategie met de laagste nationale meerkosten. Dit zijn met name buurten met een hoge bebouwingsdichtheid, wat gunstig is voor de aanleg van warmtenetten. Het aandeel van MT/HT-warmtenetaansluitingen in het totale aantal aansluitingen is 30 procent.

De strategie waarin warmtenetten met een (Z)LT-warmtebron worden gecombineerd met individuele elektrische warmtepompen (strategie 3) heeft voor 27 procent van de buurten de laagste nationale meerkosten. In deze buurten zijn er individuele elektrische warmtepompen (gemiddeld 78 procent van het totaal aantal aansluitingen), aansluitingen op een warmtenet met (Z)LT-warmtebron (gemiddeld 19 procent) en een beperkt aandeel aansluitingen op bestaande MT/HT-warmtenetten (gemiddeld 3 procent). Bij de interpretatie van de resultaten op buurniveau kan het lijken alsof de hele buurt overgaat op een warmtenet, maar in deze buurten worden individuele elektrische warmtepompen en warmtenetten altijd gecombineerd. De nationale meerkosten voor strategie 3 zijn vaak maar beperkt lager dan de meerkosten van strategie 1. Dit komt door de opzet van de strategie; de clusters van warmtenetten worden namelijk op zo'n manier berekend dat deze alleen toegepast worden wanneer deze lagere kosten opleveren dan de toepassing van individuele elektrische warmtepompen. Zie voor een toelichting hierop hoofdstuk 4 in de Gebruikershandleiding over de clusteringsmethode (Van Polen, Blok & Poorthuis 2025). Het resultaat hiervan is ook dat de strategie met alleen individuele elektrische warmtepompen maar beperkt voorkomt. De strategie met individuele elektrische warmtepompen (strategie 1) is in 12 procent van het aantal buurten de strategie met de laagste nationale meerkosten. In deze buurten bevindt zich 11 procent van het totaal aantal aansluitingen.

Figuur 7

Strategie met laagste nationale meerkosten per buurt bij Startanalyse voor aardgasvrije buurten



Bron: PBL

4 Conclusie en reflectie

De Actualisatie Startanalyse aardgasvrije buurten 2025 (ASA2025) is primair bedoeld om gemeenten te ondersteunen bij het opstellen van hun warmteprogramma. De uitkomsten van de ASA2025 geven een vertrekpunt voor gemeenten. Voor de uiteindelijke invulling van het warmteprogramma vraagt de ASA2025 om verrijking met eigen analyses door gemeenten met lokale data en afwegingen.

Naast inzicht op gemeentelijk en buurniveau biedt de Startanalyse ook informatie op nationaal niveau. De analyse op nationaal niveau geeft inzicht in de verdeling van de verschillende warmteopties over de aansluitingen in Nederland, uitgaande van de strategie met de laagste nationale meerkosten. Wel zijn er nog een aantal grote onzekerheden. Het effect van een aantal belangrijke onzekerheden is zichtbaar gemaakt door middel van verschillende gevoeligheidsanalyses. Hieronder gaan we nader in op deze en andere bevindingen.

Geen grote verschuivingen in verdeling van warmteopties op nationaal niveau

Ten opzichte van de uitkomsten in de Startanalyse aardgasvrije buurten 2020 (SA2020) laat de ASA2025 geen grote veranderingen zien in de verdeling van warmteopties op nationaal niveau. Er is nog steeds een duidelijke mix van verschillende warmteopties op basis van de laagste nationale meerkosten. Op buurniveau kunnen er wel grotere verschuivingen zijn in aardgasvrije strategieën tussen de SA2020 en de ASA2025.

Het aandeel aansluitingen op een warmtenet met een midden- of hogetemperatuurwarmtebron (MT/HT-warmtebron) is in de ASA2025 4 procentpunt kleiner dan in de SA2020. Voor individuele elektrische warmtepompen gaat het om een afname van 3 procentpunt. Daartegenover staat een groter aandeel aansluitingen met klimaatneutraal gas, een stijging van 4 procentpunt. Ten slotte is er een stijging van 3 procentpunt zichtbaar in het aantal warmtenetaansluitingen op een (zeer)lage-temperatuurwarmtebron ((Z)LT-warmtebron).

Maar de kostenverschillen tussen sommige strategieën zijn klein

De verdeling van warmteopties op nationaal niveau van de SA2020 en de ASA2025 is vergelijkbaar, maar daarbij hoort wel een kanttekening. Voor bijna een derde van de aansluitingen geldt namelijk dat het kostenverschil met een andere warmteoptie kleiner is dan 20 procent. Deze 20 procent is gebaseerd op een uitvraag onder gemeenten, maar het is ook mogelijk een ander kostenverschilpercentage als uitgangspunt te nemen. Bij de afweging om warmteopties verder te verkennen is het van belang om aandacht te blijven houden voor de kostenverschillen tussen warmteopties. Voor buurten waar warmtenetten met een MT/HT-warmtebron de laagste nationale meerkosten hebben, is er relatief vaak een kostenverschil van minder dan 20 procent met een andere warmteoptie.

De invloed van uitgangspunten voor klimaatneutraal gas, isolatieniveau en projectmanagementkosten op de verdeling van warmteopties is groot

Volgens de resultaten van de ASA2025 is het aandeel van klimaatneutraal gas in de verdeling van warmteopties vergelijkbaar met het aandeel van warmtenetten en individuele elektrische warmtepompen. Maar de rol die deze warmteoptie uiteindelijk in de verduurzaming van de gebouwde omgeving kan vervullen is onzeker. In het Klimaatakkoord staat weliswaar de ambitie om de beschikbaarheid van klimaatneutraal gas te vergroten, maar in hoeverre die beschikbaarheid daadwerkelijk groter wordt, is onzeker. Hier wordt in de reflectie hieronder uitgebreider op ingegaan. In de gevoeligheidsanalyses zijn effecten van aanpassingen van enkele belangrijke aannames verkend. Hieruit kunnen de volgende observaties worden gehaald. Ten eerste is er bij een lagere beschikbaarheid van klimaatneutraal gas een toenemend aandeel individuele elektrische warmtepompen. Ten tweede is er bij een hoger isolatieniveau van gebouwen in de doelsituatie, ook een hoger aandeel individuele elektrische warmtepompen. Ten derde is de invloed van projectmanagementkosten verkend; dit zijn kosten die betrekking hebben op de organisatie van participatietrajecten, het ontwerp van infrastructuur of de inhuur van procesbegeleiders. De onzekerheid rondom deze kosten is groot, maar deze hebben veel invloed op de aandelen van warmteopties.

Ruimtelijke verschillen laten distributie van warmteopties over Nederland goed zien

De berekeningen in de ASA2025 geven resultaten weer op CBS-buurniveau. De verdeling van het aantal aansluitingen over de warmteopties geeft een ander beeld dan de verdeling van het aantal buurten over de strategieën. Dit komt doordat bij een ruimtelijke verdeling het karakter van de buurt sterk bepalend is, denk hierbij bijvoorbeeld aan bebouwingsdichtheid. Klimaatneutraal gas komt bijvoorbeeld met name terug in buurten met een groot oppervlak en een relatief klein aantal gebouwen. Daarbij is het aandeel van de buurten relatief groot (47 procent) ten opzichte van het aandeel aansluitingen (30 procent). Voor warmtenetten geldt het tegenovergestelde. Deze komen met name voor in gebieden met een relatief hoge bebouwingsdichtheid. Het aandeel buurten waarvoor de strategie warmtenetten met MT/HT-warmtebron de laagste nationale meerkosten heeft is met 14 procent kleiner dan het aandeel van aansluitingen op een warmtenet met een MT/HT-warmtebron (30 procent).

Beschikbaarheid klimaatneutrale gassen voor de warmtetransitie is zeer onzeker

Wanneer de verdeling van warmteopties in de ASA2025 wordt vergeleken met de SA2020 dan valt op dat er geen grote verschuivingen zijn in de resultaten. In de ASA2025 zijn de gevoeligheden van diverse uitgangspunten verkend, waarbij de rol van klimaatneutraal gas (groen gas en groene waterstof) als één van de grote onzekerheden terugkomt. De productie van groen gas is in de periode van 2020 tot 2024 gegroeid tot circa 0,3 miljard kubieke meter (CBS 2025b; Netbeheer Nederland, 2025). In de KEV-raming wordt verwacht dat de groengasproductie en bijmenging in het aardgasnet verder zal toenemen naar 0,5 miljard kubieke meter in 2030 (PBL, TNO, CBS & RIVM 2024). Daarnaast is er ook grote onzekerheid rondom de opschaling van de productie van groene waterstof (Elzenga, 2025).

Er is dus al grote onzekerheid over de toekomstige beschikbaarheid van klimaatneutraal gas voor de gebouwde omgeving, maar dat is niet de enige onzekerheid. Hoe wordt het beperkt beschikbare klimaatneutrale gas over Nederland verdeeld? Zijn er specifieke plekken in Nederland waar je dit klimaatneutrale gas wel of niet in wilt zetten? Of gaat de verdeling op basis van een marktmechanisme? De ASA2025 geeft een beeld van een mogelijke verdeling, maar dit geeft gemeenten nog geen duidelijkheid over de verdeling waar ze van uit kunnen gaan in hun warmteprogramma.

Tijd is een belangrijke factor bij de toepassing van alle warmteopties

De ASA2025 richt zich op de overgang naar een aardgasvrije warmtevoorziening in 2050. Maar het kost tijd om deze aardgasvrije warmtevoorziening te realiseren. Daarbij kent elke warmteoptie zijn eigen uitdagingen in de periode tot 2050. Volgens de ASA2025 hebben warmtenetten voor 30 procent van de gebouwen de laagste nationale meerkosten. Maar zolang er onduidelijkheid blijft bestaan over de eventuele aanleg van een warmtenet kunnen individuele burgers tussentijds maatregelen nemen waardoor het potentiële aantal aansluitingen voor een warmtenet in de buurten afneemt (Algemene Rekenkamer 2025).

Bij individuele elektrische warmtepompen is netcongestie een actueel vraagstuk, waardoor deze in bepaalde gebieden mogelijk pas later geïnstalleerd kunnen worden. De vraag is hierbij wel hoe groot de rol van de warmtepompen in netbelasting is op de lange termijn, ook als er mogelijkheden worden verkend voor vraagsturing en de elektriciteitsnetten worden verzaamd. Voor klimaatneutraal gas tenslotte is tijd ook een belangrijke factor. Des te verder in de tijd, des te meer er een beeld komt hoeveel klimaatneutraal gas er daadwerkelijk beschikbaar komt voor Nederland; en specifiek voor de gebouwde omgeving.

Referenties

- Algemene Rekenkamer (2025). Een koud bad voor warmtenetten; Tijd voor bijsturing van de warmtetransitie. Geraadpleegd via: <https://www.rekenkamer.nl/publicaties/rapporten/2025/02/04/een-koud-bad-voor-warmtenetten>
- Beijnum, B. van, R. van den Wijngaart, G. Luteijn, F. van der Molen, L. Geijtenbeek, V. Rovers, C. Tigchelaar (2023). Referentieverbruik warmte woningen, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving. Geraadpleegd via: <https://www.pbl.nl/publicaties/referentieverbruik-warmte-woningen>
- Van Beijnum, B. et al (2024) Consequenties van modelkeuzes voor het berekenen van energiebesparing door woningisolatie, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving. Geraadpleegd via: <https://www.pbl.nl/publicaties/consequenties-van-modelkeuzes-voor-het-berekenen-van-energiebesparing-door-woningisolatie>
- Beijnum, van B et al (2025). Verdieping op de actualisatie van de Startanalyse. Toelichting op de gehanteerde uitgangspunten in de 2025-versie van de Startanalyse, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving. [Bij publicatie midden maart nog een conceptversie]. Geraadpleegd via: <https://startanalyse.pbl.nl/system/files/document/2025-02/pbl-2025-Concept-Verdiepend-rapport-Startanalyse-2025-5630.pdf>
- Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) (2024). Wijk- en buurtkaart 2024. Geraadpleegd via: <https://www.cbs.nl/nl-nl/dossier/nederland-regionaal/geografische-data/wijk-en-buurtkaart-2024>
- Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) (2025). Jaarmutatatie HICP; Nederland, eurozone en Europese Unie, 2015=100. Geraadpleegd via: <https://www.cbs.nl/nl-nl/cijfers/detail/83135NED>
- Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) (2025). Biomassa; verbruik en energieproductie uit biomassa per techniek. Geraadpleegd via: <https://open-data.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/82004NED/table>
- CPB, SCP & PBL (2024). Bredewelvaartsanalyse van woningisolatie; Een beschouwing van het nationaal isolatieprogramma. Geraadpleegd via: <https://www.scp.nl/publicaties/publicaties/2024/08/29/woningisolatie-breed-bezien>
- EIB (2021). Proeftuinen aardgasvrije wijken; een maatschappelijk-economische analyse van de proeftuinen. Geraadpleegd via: <https://www.eib.nl/publicaties/proeftuinen-aardgasvrije-wijken/>
- Elzenga, H. (2025). Groene waterstof: de praktische uitdagingen tussen droom en werkelijkheid; een verkenning naar de knelpunten en mogelijke oplossingsrichtingen in de ontwikkeling van een groenewaterstofmarkt, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving. Geraadpleegd via: <https://www.pbl.nl/system/files/document/2025-02/pbl-2025-groene-waterstof-de-praktische-uitdagingen-tussen-droom-en-werkelijkheid-5608.pdf>
- Hoogervorst, N. et al. (2020). Startanalyse aardgasvrije buurten (versie september 2020); Gemeenterapport met toelichting bij tabellen met resultaten van de Startanalyse, Den Haag: PBL. ([link](#))
- Kadaster (2025). Basisregistratie Adressen en Gebouwen – BAG. Geraadpleegd via: <https://www.kadaster.nl/zakelijk/registraties/basisregistraties/bag>
- Klimaatakkoord (2019). Klimaatakkoord, Den Haag 28 juni 2019. Geraadpleegd via: <https://www.klimaatakkoord.nl/documenten/publicaties/2019/06/28/klimaatakkoord>

- Klimaatwet (2023, 22 juli). Geraadpleegd op 01-03-2025. Geraadpleegd via: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0042394/2023-07-22>
- Molen, F. van der, J. Langeveld, C. Herbstritt, W. Poorthuis, & N. Hoogervorst (2023). Overzicht Transitievisies Warmte: Signalen, obstakels en potentieel, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving. Geraadpleegd via: https://www.pbl.nl/uploads/default/downloads/pbl-2023-overzicht-transitievisies-warmte-signalen-obstakels-potentieel_5051.pdf
- Netbeheer Nederland (2025). Doelstelling groen gas onder druk door terugvallende productiegroei. <https://www.netbeheernederland.nl/artikelen/persbericht/doelstelling-groen-gas-onder-druk-door-terugvallende-productiegroei>
- PBL (2024). Trajectverkenning Klimaatneutraal 2050. Trajecten naar een klimaatneutrale samenleving voor Nederland in 2050, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving. Geraadpleegd via: <https://www.pbl.nl/system/files/document/2024-04/pbl-2024-trajectverkenning-klimaatneutraal-2050-5093.pdf>
- PBL, TNO, CBS & RIVM (2024). Klimaat- en Energieverkenning 2024. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving. Geraadpleegd via: <https://www.pbl.nl/system/files/document/2025-01/pbl-2024-klimaat-en-energieverkenning-2024-5490.pdf>
- Polen, S. van & J. Blok (2025). Informatieblad netverzwaring en netcongestie. Toelichting op hoe elektriciteitsnetten terugkomen in de Actualisatie van de Startanalyse, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving. Geraadpleegd via: <https://startanalyse.pbl.nl/system/files/document/2025-02/pbl-2025-Informatieblad-netverzwaring-en-netcongestie-5667.pdf>
- Polen, S. van, J. Blok & W. Poorthuis (2025). Gebruikershandleiding. Toelichting op het gebruiken en interpreteren van de resultaten van de Actualisatie van de Startanalyse 2025, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving. Geraadpleegd via: <https://startanalyse.pbl.nl/system/files/document/2025-02/pbl-2025-Gebruikershandleiding-Startanalyse-2025-5633.pdf>
- RVO (2025). Warmteatlas. Geraadpleegd via: <https://www.warmteatlas.nl/viewer/app/Warmteatlas/v2?debug=false>
- Tigchelaar, C, K. Fernández Gómez & I.H. Magan (2025). Bepaling isolatiekosten woningen Startanalyse 2025. Amsterdam: TNO. Geraadpleegd via: <https://www.pbl.nl/publicaties/actualisatie-startanalyse-aardgasvrije-buurtten-2025>
- TNO (2023). Kengetallen voor na-isolatie utiliteitsbouw Vesta MAIS model. Geraadpleegd op: <https://publications.tno.nl/publication/34641772/9K8qHi/TNO-2023-P11550.pdf>
- TNO (2024a). Dashboard Eindgebruikerskosten. Geraadpleegd via: <https://energy.nl/tools/dashboard-eindgebruikerskosten/>
- TNO (2024b). ThermoGIS 2.3; Geothermie in kaart. Geraadpleegd via: <https://www.thermogis.nl/>
- Van den Wijngaart, R. & S. van Polen (2020). Bepaling energiebesparing door isolatie van woningen in de Startanalyse 2020; Schatting op basis van gemeten en berekend aardgasverbruik, Den Haag: PBL. Geraadpleegd via: https://www.pbl.nl/uploads/default/downloads/pbl-2020-bepaling-energiebesparing-woningen-startanalyse-2020_4284.pdf