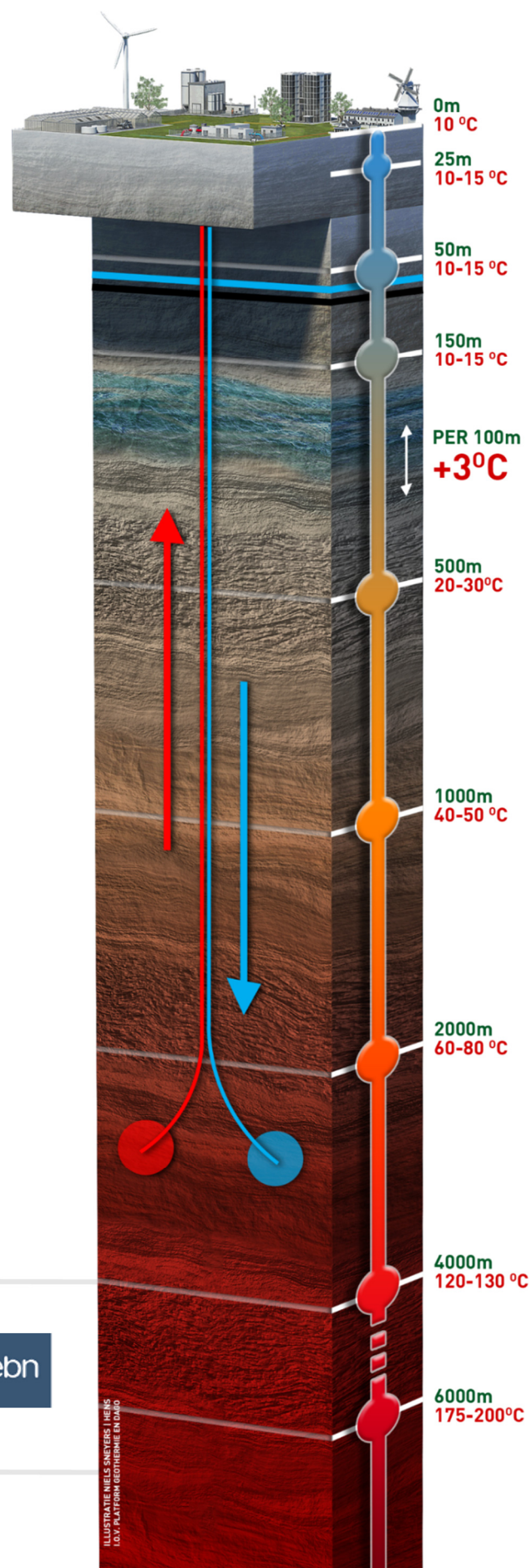


Masterplan Aardwarmte in Nederland

Een brede basis voor een
duurzame warmtevoorziening

Mei 2018



Gepubliceerd mei 2018.

Dit document is te downloaden op de websites van de ondergetekenden:

Stichting Platform Geothermie: www.geothermie.nl

DAGO: www.dago.nu

Stichting Warmtenetwerk: www.warmtenetwerk.nl

EBN: www.ebn.nl

We bedanken alle organisaties en betrokkenen waarmee we hebben gesproken en een bijdrage hebben geleverd aan dit rapport.

Dit Masterplan is tot stand gekomen met ondersteuning van McKinsey & Company.

Illustratie voorpagina door Hens Motion Graphics / Niels Sneyers.

Voorwoord

Aardwarmte heeft de afgelopen jaren in Nederland aan populariteit gewonnen. De afbouwende productie en consumptie van aardgas en de toenemende noodzaak voor duurzame warmtebronnen, vragen om duurzame alternatieven voor aardgas. Aardwarmte biedt een kansrijk en duurzaam alternatief om gebouwen en kassen te verwarmen en om in de industrie toegepast te worden. Hiervoor zijn goede afspraken nodig tussen onder andere bewoners van gebouwen, betrokken gemeenten, energiebedrijven en producenten van aardwarmte. Ook Minister Wiebes van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat schreef eerder dit jaar in een kamerbrief dat aardwarmte de potentie heeft om “een belangrijke rol te spelen in de verduurzaming van de warmtevoorziening en daarmee in de transitie naar een CO₂-arme energievoorziening.” Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) publiceerde in 2017 de *Staat van de Sector Geothermie*, dat de veilige winning van aardwarmte als voorwaarde voor succesvolle groei noemt en een perspectief biedt op de hiervoor benodigde acties. Ook de sectortafels, die bijdragen aan de totstandkoming van het Klimaat- en Energieakkoord 2018 met als doel een CO₂-reductie van 49% in 2030, kijken aandachtig naar aardwarmte als duurzame warmtebron.

Het jaar 2018 is gezien deze ontwikkelingen voor ons hét moment om gezamenlijk tot een ambitie en bijbehorend actieplan te komen om de aardwarmtesector in de komende jaren op verantwoorde wijze verder op te schalen. We publiceren daarom met gepaste trots ons Masterplan Aardwarmte in Nederland. Hierin beschrijven we hoe we op een duurzame, veilige en maatschappelijk verantwoorde manier en op basis van de productie van de huidige 3 petajoule Nederlandse aardwarmte per jaar, via 50 petajoule per jaar in 2030, meer dan 200 petajoule per jaar in 2050 kunnen produceren¹. Door de brede samenstelling van de groep initiatiefnemers van dit Masterplan zijn meerdere invalshoeken en belangen vertegenwoordigd. Onze ambitie als sector is hoger dan die in de kamerbrief wordt omschreven, op basis van sterke recente activiteiten en de nieuwste inschattingen van het potentieel.

De Nederlandse ondergrond bevat veel potentieel voor het winnen van aardwarmte: in de bodem is warm water aanwezig dat is opgeslagen in gesteentelagen. De energie die in dit warme water zit opgeslagen, noemen we aardwarmte of geothermie. Afhankelijk van de diepte en dus de temperatuur van dit warme water, is deze aardwarmte bijvoorbeeld te gebruiken voor het verwarmen van huizen en kassen of in te zetten voor industriële toepassingen. Dankzij de eerste Nederlandse operators, onmisbare pioniers in een periode waarin aardwarmte nog geen gemeengoed was, is aardwarmte inmiddels een bewezen duurzame warmtebron voor de glastuinbouw. Nieuwe afnemers vanuit de industrie en de gebouwde omgeving komen nu ook nadrukkelijk en snel in beeld.

¹ Ter vergelijking: 1 petajoule per jaar kan ongeveer 20.000 huishoudens verwarmen en de totale warmtevraag vanuit de gebouwde omgeving is ongeveer 400 petajoule per jaar.

We verheugen ons om dit Masterplan met vele belanghebbenden te bespreken en te verbeteren. Zo is de ontwikkeling van aardwarmte sterk afhankelijk van onder andere maatschappelijk draagvlak, de groei en uitrol van warmtenetten en verder onderzoek naar het ondergronds potentieel, waar we in de komende jaren nauw bij betrokken blijven. Dit Masterplan vormt voor ons een gemeenschappelijk startpunt waar we de komende jaren op een dynamische manier op willen voortbouwen.

Mei 2018



Stichting Platform Geothermie

Frank Schoof, Voorzitter



Dutch Association Geothermie Operators

Martin van der Hout, Secretary General



Stichting Warmtenetwerk

Jannis van Zanten, Bestuurslid



Energie Beheer Nederland

Jan Willem van Hoogstraten, CEO

In samenwerking met de ministeries van Economische Zaken en Klimaat en Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties

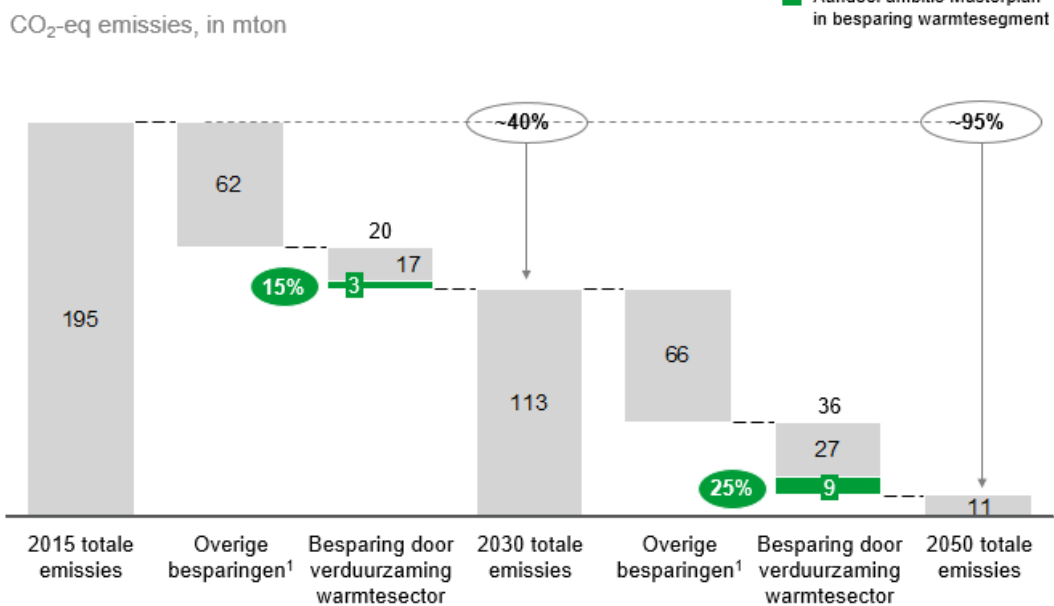
Inhoudsopgave

Management Samenvatting	8
I. Introductie	18
II. Wat is aardwarmte?	21
III. Aardwarmte potentieel en onze ambitie	28
A. Technisch potentieel	29
B. Onze ambitie	30
IV. Inhoudelijke plannen van aanpak	34
A. Rendabele projecten	35
B. Passende wet- en regelgeving, toezicht en beleid	39
C. Veilige en effectieve operationele activiteiten	45
D. Robuust maatschappelijk draagvlak	50
E. Innovatie	56
F. Aansluiting op warmtenetten	61
V. Organisatorische implicaties	65
VI. Bijlage	69

Management Samenvatting

Nederland staat voor een belangrijke opgave: de CO₂-equivalente emissies (CO₂-eq) moeten met ~40%² gereduceerd worden voor 2030 ten opzichte van 2015 en met ~95% voor 2050. Dit betekent niet alleen 95% duurzame stroom, maar ook 95% duurzame warmte. Ongeveer 40% van de Nederlandse emissies komen door het gebruik van warmte. Om de emissiedoelstellingen te halen zal de warmtesector 20 megaton (mton) CO₂-eq emissies moeten besparen voor 2030, waarna een additionele 36 mton besparing nodig is voor 2050.

Figuur 1: Aardwarmte kan 15% bijdragen aan de nodige CO₂ besparing in de warmtesector in 2030 en 25% in 2050



¹ Inclusief besparingen door afnemende warmtevraag
BRON: Regeerakkoord 2017-2021

Om deze doelstellingen te bereiken tegen de laagst mogelijke maatschappelijke kosten is een diversiteit aan warmtebronnen en technologieën nodig. De warmtevraag zal naar verwachting dalen van de huidige 960 petajoule (PJ) naar 930 PJ in 2030 en 870 PJ in 2050 door efficiëntere processen, betere isolatie en een beperkte bevolkingsgroei. Ongeveer de helft van de huidige warmtevraag komt uit de gebouwde omgeving. Hier zijn zowel individuele warmteoplossingen zoals een warmtepomp (elektrificeren) nodig, alsook collectieve oplossingen via aansluiting op een warmtenet met verschillende duurzame bronnen. Nog eens 40% van de totale warmtevraag komt van de industrie,

² Of 49% emissie reductie ten opzichte van 1990 voor 2030

waar, afhankelijk van de temperatuur van processen, verschillende technieken en bronnen als elektrificatie, biomassa en waterstof toepasbaar zijn. De overige ~10% warmtevraag komt van de landbouw, met dezelfde alternatieven voor aardgas die de gebouwde omgeving heeft. In alle sectoren zullen energie efficiëntie en betere isolatie een belangrijke rol spelen om de warmtevraag te verlagen. De optimale oplossing is afhankelijk van de lokale karakteristieken van de warmtevraag. Als collectieve oplossingen de voorkeur genieten, dan is een combinatie van nieuwe infrastructuur, bronnen en buffers nodig om efficiënt met seizoenswisselingen en piekvraag om te gaan.

Wij zien dat aardwarmte een belangrijke rol heeft in de toekomstige duurzame energiemix en kan groeien naar 50 PJ duurzame warmte per jaar in 2030 en 200+ PJ in 2050. Om de CO₂-doelstellingen te behalen, is het noodzakelijk om alle beschikbare duurzame technieken (zon, wind, biomassa, bodemenergie, aardwarmte) zo gericht mogelijk in te zetten. De bijdrage van aardwarmte levert een totale CO₂-besparing op van 3 mton in 2030 en 12 mton in 2050. Aardwarmte groeit als warmtebron van 0,5% van de totale warmteproductie naar 5% in 2030 en 23% in 2050.

Aardwarmte, ook wel geothermie genoemd, is een techniek waarbij bestaande warmte gewonnen wordt uit aardlagen op dieptes tussen 500 en 4.000+³ meter. Deze kan geleverd worden aan de glastuinbouw, gebouwde omgeving en industrie. Gedurende de laatste tien jaar heeft de sector met name in de glastuinbouw een sterke ontwikkeling doorgemaakt, waar aardwarmte een prioriteit is voor verduurzaming. Deze ontwikkeling is tot op heden ondersteund door de inzet van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en LTO Glaskracht Nederland binnen de publiek-private samenwerking Kas Als Energiebron⁴. Er zijn nu 17 actieve 'doubletten'⁵ in operatie, de meeste tussen de 2.000 en 3.000 meter diep met een totale grootte van ongeveer 3 PJ aan duurzame warmte. Aardwarmte is in bepaalde lokale omstandigheden het goedkoopste duurzame alternatief voor aardgas, met nauwelijks of geen CO₂-uitstoot⁶ en een constant geleverd vermogen (onafhankelijk van seizoenen) met hoge leveringszekerheid. Hiermee is het geschikt als basislast in combinatie met andere bronnen of opslag.

Figuur 2: Zeventien actieve aardwarmte doubletten in Nederland

Aantal aardwarmte doubletten, 2018



BRON: TNO (April 2018)

Onze ambitie is gebaseerd op een schatting van de vraag naar aardwarmte als basislast in bestaande en toekomstige warmtenetten in de glastuinbouw, gebouwde omgeving en industrie. We verwachten dat 40% van de totale warmtevraag (~380 PJ) via warmtenetten geleverd zal worden, mits er voldoende economische en duurzame warmtebronnen regionaal aanwezig zijn. Naast duurzame restwarmte en biomassa, kan aardwarmte een belangrijke bijdrage (geschat op maximaal ~230 PJ) leveren aan de ~380 PJ in de gezamenlijke warmtenetten.

Daarnaast maken we voor het vaststellen van de ambitie gebruik van een match tussen de bovengrondse toekomstige warmtevraag en het ondergrondspotentieel dat momenteel bekend is⁷. Lopend onderzoek naar gebieden waar er minder kennis is over de ondergrond zal deze match

³ Boringen dieper dan 4.000 meter bekend als Ultra Diepe Geothermie (UDG)

⁴ Hieruit zijn onder andere de Kennisagenda Aardwarmte en verschillende langjarige onderzoeken gefinancierd

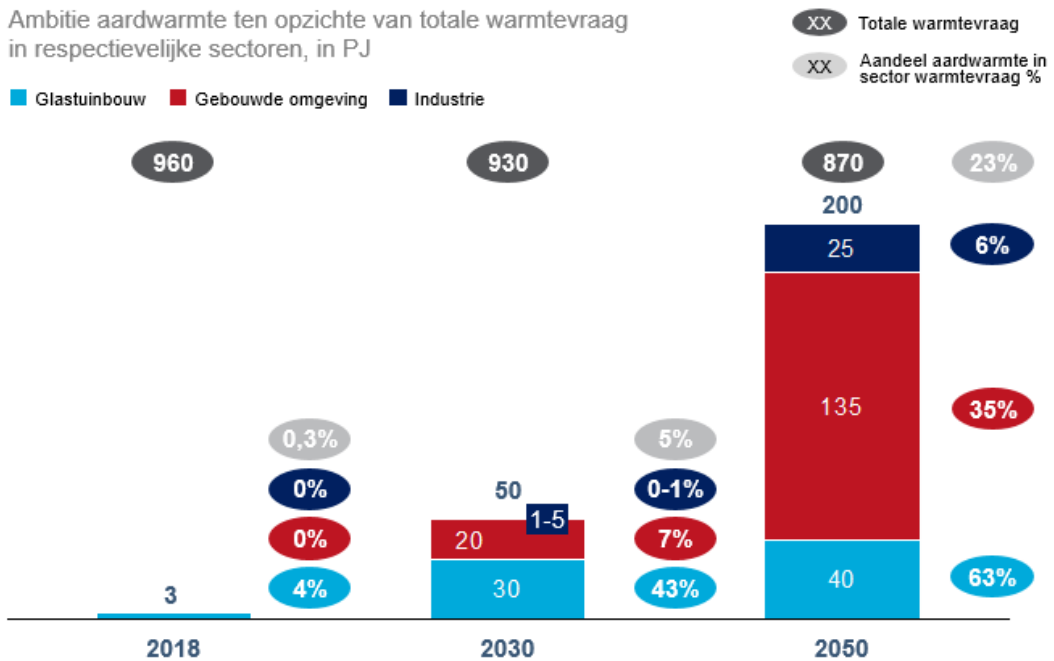
⁵ Installatie die gebruikt wordt om de aardwarmte te produceren bestaand uit twee putten bron – zie Hoofdstuk 2. Wat is aardwarmte

⁶ Geen uitstoot als de stroom die nodig is ook duurzaam geproduceerd wordt

⁷ IF Technology, CE Delft, Berenschot (2018), "Opschaling geothermie"

vergroten. Tegelijkertijd is de ambitie afhankelijk van een kostenreductie van 30-50% over de levenscyclus van een aardwarmteput, die mogelijk is door opschaling en gecoördineerde exploratie en exploitatie. Hiermee zullen schaalvoordelen de kosten, geologische onzekerheden en technische risico's van exploitatie verminderen. Ook is er verdere kostenreductie mogelijk door onder andere een structurele opzet van R&D en innovatie.

Figuur 3: Aardwarmte kan 5% van de totale warmtevraag in 2030 bijdragen en 22% in 2050

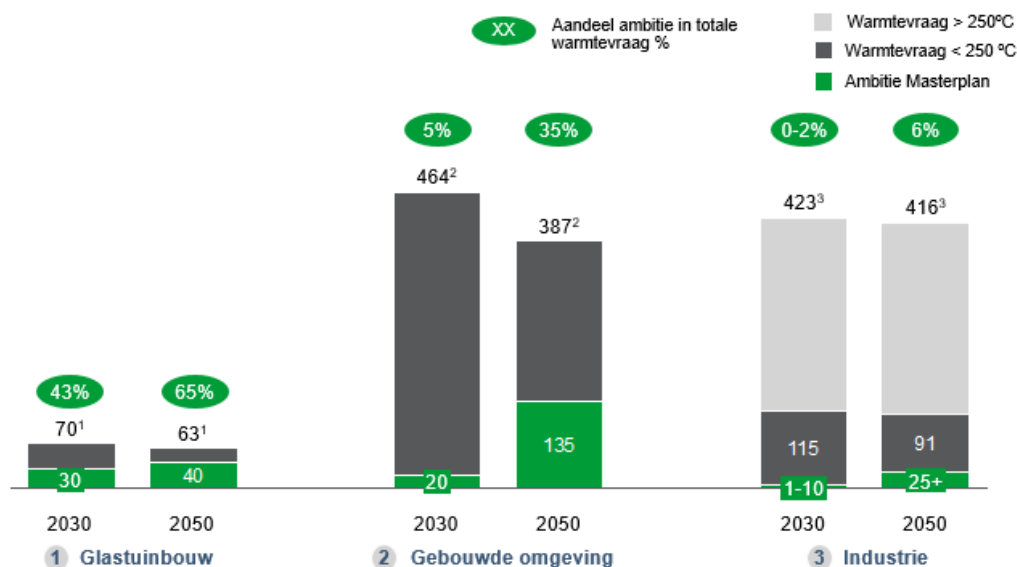


BRON: CE Delft, IF Technology, LTO Glaskracht, McKinsey Energy Insights

Wij zien een toekomst voor aardwarmte in de glastuinbouw, dichtbevolkte wijken en utiliteitsbouw in de gebouwde omgeving en in de lichte industrie als alternatief voor aardgas met de laagst maatschappelijke kosten. Voor 2030 is het belangrijk om nadruk te leggen op opschaling in de glastuinbouw in een beperkt aantal 'plays' (ondergrondlagen) waar het potentieel met hoge zekerheid bekend is. Tegelijkertijd is voorbereiding op opschaling in de gebouwde omgeving vanaf 2025 essentieel om aan te sluiten bij de groei en uitrol van bestaande en nieuwe warmtenetten of aansluitingen. Daarnaast zijn Ultra Diepe Geothermie (UDG)-pilots nodig om aardwarmte te leveren aan de lichte industrie.

Figuur 4: Aardwarmte ambitie ten opzichte van de warmtevraag per eindgebruiker sector

Aardwarmte ambitie en warmtevraag, in PJ



1 Bron 2018 warmtevraag LTO Glaskracht (75 PJ) en gelijk tempo afname aangenomen als in gebouwde omgeving door energiebesparing/efficiëntie
 2 Bron 2050 warmtevraag CE Delft en lineaire afname in warmtevraag aangenomen 3 Bron: McKinsey Energy Insights 'Global Energy Perspective 2018'
 BRON: LTO Glaskracht, CE Delft, IF Technology, McKinsey Energy Insights

Richting 2030 is het van belang om in de glastuinbouw uit te breiden en in de gebouwde omgeving aan te sluiten op bestaande en nieuwe warmtenetten.

- Een verdere opschaling in de glastuinbouw is op korte termijn mogelijk vanwege bestaande ervaring en kennis van de ondergrond. Met deze aanpak is het mogelijk om op een specifiek aantal locaties en bekende ondergrondlagen te focussen waarmee kostenreductie sneller is behaald. Dit geeft de tijd om in andere gebieden seismisch onderzoek uit te voeren en de opschaling in de gebouwde omgeving voor te bereiden. De huidige 3 PJ in de glastuinbouw kan uitgebreid worden naar 30 PJ in 2030, oftewel ~60% van de ambitie van 50 PJ. In deze sector is er een goede business case voor aardwarmte door een hoog aantal vollasturen (6.000 per jaar) en geconcentreerde vraag. Hierdoor is aardwarmte nu al de meest economische oplossing als er geen duurzame restwarmte beschikbaar is.
- In de gebouwde omgeving verwachten we voor 2030 20 PJ aardwarmte te kunnen leveren, afhankelijk van de groei van bestaande en uitrol van nieuwe warmtenetten en het ondergrondse potentieel op die locaties. We stellen een focus voor op de verduurzaming van bestaande warmtenetten in gebieden waar het technisch potentieel met hogere zekerheid bekend is zoals in de regio Den Haag en Rotterdam. Het bewerkstelligen van 5-10 succesvolle pilots is cruciaal om te zorgen dat voldoende technische en organisatorische ervaring wordt opgedaan met de aansluiting aan bestaande en nieuwe warmtenetten op aardwarmte. Onderzoek van de ondergrond is van belang op locaties waar nieuwe warmtenetten als eerste worden uitgerold en waar de hoogste warmtevraag ligt.
- In de lichte industrie is tussen nu en 2030 vooral het ondernemen van pilots van groot belang om ervaring op te doen met de diepte van boren en aansluiting op de vraag. We werken naar minimaal 5 succesvolle pilots om 1-10 PJ warmte te kunnen leveren. Ook is het belangrijk om op potentiële industriële locaties de ondergrond te onderzoeken en te verkennen. In de zware industrie (met temperaturen boven 250 °C) kan aardwarmte geen rol spelen wegens te hoge temperatuurbehoefte en de daaruit resulterende extreme boordieptes en -kosten.

Tussen 2030 en 2050 zullen we met name opschalen in de gebouwde omgeving en daarnaast in de lichte industrie, afhankelijk van resultaten van UDG pilots.

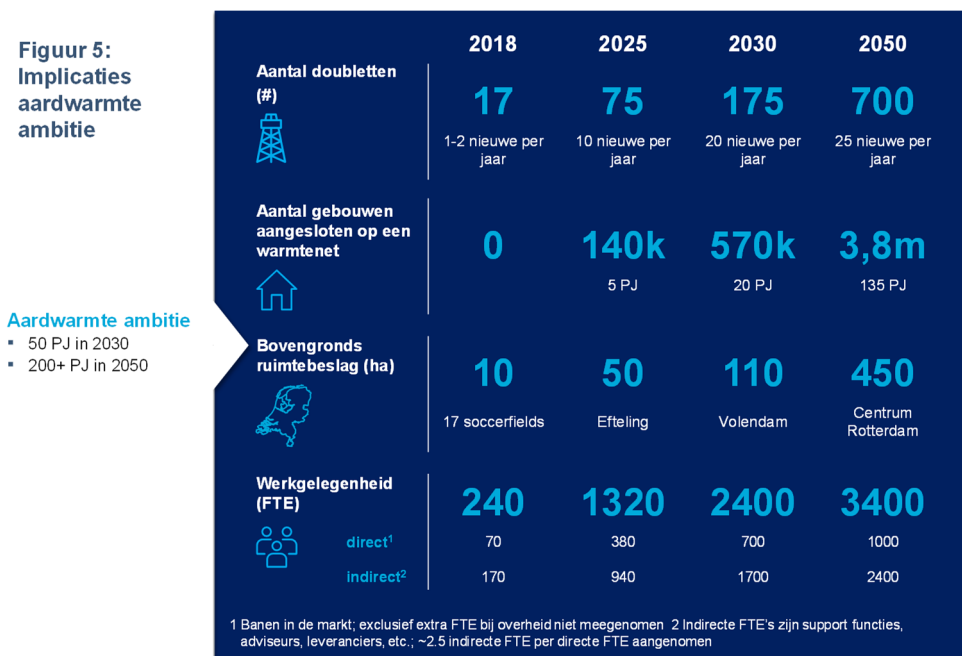
- De gebouwde omgeving is op lange termijn de grootste afnemer van aardwarmte, afhankelijk van de uitrol van nieuwe warmtenetten. In 2050 zou aardwarmte 135 PJ kunnen leveren aan de gebouwde omgeving, oftewel ~65% van de ambitie van 200+ PJ. Hiervoor is meer dan 100 PJ aan nieuwe warmtenetten nodig, gelijk aan aansluitingen voor ongeveer 3,3 miljoen woningequivalenten. Daarnaast kan ~15 PJ aardwarmte benut worden als basislast in bestaande warmtenetten, met de nodige aanpassingen aan de ~500.000 aangesloten woningen, om de lagere temperaturen te accommoderen.
 - Onze ambitie voor 2050 is gebaseerd op de aanname dat voor ongeveer de helft van de gebouwde omgeving (~200 PJ) een collectieve warmteoplossing (warmtenet) de laagste maatschappelijke kosten heeft ten opzichte van individuele oplossingen (elektrificeren). Dit betreft voornamelijk bestaande bouw in dichtbevolkte gebieden en utiliteitsgebouwen door de hoge dichtheid van warmteverbruik en het relatief lage niveau van isolatie van deze gebouwen (waar elektrificeren hoge netverzwaring- en isolatiekosten met zich mee zou brengen).
 - Aardwarmte is na *duurzame* restwarmte de meest economische warmtebron als basislast in warmtenetten. Vanuit een systeem perspectief zijn alternatieven als biomassa en biogas gelimiteerd door beperkte beschikbaarheid en voordeliger gebruik voor piekvraag en hogere temperaturen waar geen voordelige alternatieven zijn (zoals in de zware industrie).
- In de lichte industrie verwachten we dat een warmtelevering van ongeveer 25 PJ mogelijk is in 2050, met een bandbreedte van 1 – 60 PJ afhankelijk van het succes van Ultradiepe Geothermie (UDG). In deze sector is er grotere onzekerheid over het potentieel van aardwarmte door beperkte kennis over de ondergrond op veel industriële locaties en minder ervaring met deze eindgebruiker. Aardwarmte is mogelijk een economische oplossing voor processen tot 250 °C. Bijvoorbeeld voor papierfabrieken, melkfabrieken en bierbrouwerijen zolang er geen duurzame restwarmte beschikbaar is.
- In de glastuinbouw kan op basis van de verwachte beschikbare duurzame restwarmte en een match tussen bovengrondse vraag en ondergronds potentieel aardwarmte verder doorgroeien naar 40 PJ in 2050 op een totale vraag van ~60 PJ. Dit bouwt verder op de sterke start die is gemaakt in de glastuinbouw en de ambitie van de glastuinbouwsector om in 2040 ongeveer 50% van de warmtevraag te voorzien met aardwarmte.

Om deze doelen te bereiken zal het aantal doubletten groeien van de huidige 17 naar ~175 in 2030, en vervolgens naar ~700 in 2050⁸. In de aankomende jaren worden er vier tot zes nieuwe aardwarmte-installaties ontwikkeld. Dit aantal zal groeien naar tien per jaar in de periode 2020-2025. De sterkste groei ligt vanaf 2025 met een verdubbeling naar twintig nieuwe doubletten per jaar tot 2030. Dit betekent dat er vanaf 2025 gemiddeld vijf boringen tegelijkertijd gaande zijn op verschillende locaties in Nederland om dit aantal te realiseren. Tegelijkertijd zullen per jaar meer dan 100.000 woningen op een warmtenet aangesloten moeten worden zodat voor 2050 bijna 4 miljoen huishoudens zijn aangesloten.

Deze enorme opschaling creëert werkgelegenheid. In de aardwarmtesector (markt) verwachten we een groei van ~240 naar ~2.400 FTE in 2030 en ~3.400 FTE in 2050. Dit zijn zowel directe als indirecte banen, waarvan één derde directe banen en de rest bij toeleveranciers, adviseurs, etc. Daarnaast zullen

⁸ Op basis van een gemiddeld vermogen van 0,3 PJ per jaar per doublet. Het aantal nodige doubletten zal hoger uitvallen als kleinere doubletten ontwikkeld worden, bijvoorbeeld voor lagere temperaturen in de gebouwde omgeving

er nieuwe banen ontstaan bij de overheid en in de warmtesector (onder andere vanwege de aan te leggen warmtenetten) die hier niet zijn meegenomen.



Om deze aanzienlijke opschaling van aardwarmte in Nederland te realiseren op een veilige, verantwoorde, duurzame en kosteneffectieve manier is het van belang om vandaag acties te ondernemen. Daarom is de sector al begonnen met:

- **Actief een (aard)warmte propositie ontwikkelen met warmtebedrijven en het Expert(ise)centrum Warmte voor (decentrale) overheden.** Hiervoor is het nodig om de aardwarmtepropositie per doelgroep aan te scherpen en verbeteren. Ook ontwikkelen we structurele samenwerkingsverbanden met warmtebedrijven en starten pilots in bestaande en nieuwe warmtenetten in de gebouwde omgeving. De langdurige contractvorming in de gebouwde omgeving betekent dat er nu al moet worden gestart met het ontwikkelen van een gecoördineerd aanbod voor grootschalige opschaling na 2025.
- **Verbreden van de basis van de sector, samen groeien en leren door doen, met deelname van EBN.**
 - De aardwarmtesector groeit over de gehele waardeketen. Er komen meer afnemers van aardwarmte en er is diversifiëring in het type eindgebruiker van de huidige focus op de glastuinbouw naar de gebouwde omgeving en de lichte industrie. Ten tweede breidt het operator 'landschap' zich uit, waarbij er een aantal zullen groeien in aantal doubletten en er nieuwe spelers toetreden. Als laatste komen er meer marktpartijen als toeleveranciers en adviseurs, en meer beleid, advies en toezicht functies.
 - Gecoördineerde exploratie en exploitatie van aardwarmte waarbij de bovengrondse vraag en het ondergronds potentieel samen geoptimaliseerd wordt (bijvoorbeeld door middel van een play-based portfoliobenadering) is nodig om de kosten, geologische onzekerheid en technische risico's zo snel mogelijk te verlagen. Hiermee verbetert de business case en worden transitiekosten voor de maatschappij geminimaliseerd.

- EBN zal gaan deelnemen in aardwarmte. Hoe de invulling van de deelname eruit komt te zien wordt uitgewerkt in een volgende Kamerbrief van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK). Het Masterplan levert geen bijdrage aan deze besluitvorming.
- **Verder professionaliseren van de sector over de gehele waardeketen door verdere ontwikkeling van industriestandaarden, kennis deling en transparantie.**
 - Het intensiveren van DAGO's activiteiten rondom het opstellen en implementeren van industriestandaarden is gewenst voor de verdere ontwikkeling en implementatie van industriestandaarden en werkplannen. DAGO stemt deze industriestandaarden zoveel mogelijk af met beleidsmakers, uitvoerders en toezichhouders. De implementatie van industriestandaarden door de sector bepaalt het succes en dient daardoor ook in lijn zijn met de verschillende operator organisaties⁹.
 - Het is ook van belang om een breed gedragen proces te implementeren voor het uitbreiden en continu door-ontwikkelen van industriestandaarden en werkplannen door DAGO, waarbij alle belanghebbenden gekend worden. Inzichten vanuit 'best-practices' en innovatie kunnen optimaal benut worden als deze ontwikkelingen in industriestandaarden parallel lopen met ontwikkelingen binnen de sector en de maatschappij.
 - Daarnaast zullen we werken aan de uitbreiding van kennisdeling door verhoogde verzameling, analyse en delen van inzichten op basis van 'lessons learned' over veiligheid en het opzetten van een data-infrastructuur en samenwerkingsmodel om verschillende soorten data in te zetten voor optimalisatie van kosten en efficiëntie. Inzichten worden niet alleen gedeeld met operators, maar ook ketenbreed met toeleveranciers, adviseurs, (decentrale) overheden en warmtebedrijven.
- **Zorgen voor een lokaal en nationaal maatschappelijk dialoog over aardwarmte in de context van de energietransitie.** We werken aan breder begrip van aardwarmte als warmtebron en wat het technisch en economisch potentieel is in de context van de energietransitie. De ontwikkelde (aard)warmte propositie zal de basis vormen voor een brede dialoog over aardwarmte met nationale en lokale belanghebbenden. De Stichting Platform Geothermie zal haar huidige rol hierin uitbreiden en het aanspreekpunt zijn voor algemene kennis en informatie over aardwarmte in Nederland;

De sector heeft het volgende hiervoor nodig vanuit de Rijksoverheid: verder investeren in het in kaart brengen van de ondergrond en afronden van de nieuwe Mijnbouwwet inclusief een nieuw vergunningsmodel, verfijning van de SDE-subsidie en consistent beleid met daarop aansluitende uitvoering en toezicht. Voor een deel zijn deze geïdentificeerd in de Beleidsbrief Geothermie van februari 2018 en in gang gezet.

- **Implementeren van de nieuwe Mijnbouwwet door EZK en Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) voor doelmatige winning van aardwarmte en planmatig beheer van de aardwarmtebronnen in de Nederlandse ondergrond.** De benodigde aanpassingen van de Mijnbouwwet zijn onder andere meer bij aardwarmte passende (technische en veiligheids-) eisen en een nieuw vergunningsmodel dat beter aansluit bij de praktijk van aardwarmte (bijvoorbeeld zien wij opties als tendering of vergunningen van toepassing maken op meerdere doubletten om een play-based portfolio benadering mogelijk te maken, grotere

⁹ Actieve operators zijn houders van tenminste één vergunning waaronder activiteiten worden uitgevoerd die zonder vergunning verboden zijn zoals het realiseren van een boorgat ten behoeve van de opsporing of winning van aardwarmte

geografische spreiding zonder andere projecten te dwarsbomen, en er is een perspectief nodig op ongebruikte vergunningen).

- **Afronden GTI seismisch onderzoek naar “witte vlekken”¹⁰** dat door EZK wordt bekostigd en uitgevoerd door EBN in samenwerking met TNO om de ondergrond in kaart te brengen daar waar er nog onzekerheid bestaat, geprioriteerd aan de hand van gebieden met de hoogste warmtevraag en verwerkt in een ge-update, openbaar en makkelijk toegankelijke database (ThermoGIS) door TNO.
- **Uitbreiden van de huidige subsidieregeling (SDE+) naar de gebouwde omgeving (en behouden in de glastuinbouw) en segmenteren van de boorverzekering (RNES^[1]).** Het is van belang om de SDE+ uit te breiden zodat deze ook in de gebouwde omgeving, net als in de glastuinbouw, productie van aardwarmte faciliteert en stimuleert. Daarnaast is het van belang om verschillende verzekeringen tegen misboringen aan te bieden met differentiatie gebaseerd op de ondergrondse onzekerheid en resultaten van het seismisch onderzoek.
- **Zorgen voor voldoende capaciteit** bij het Ministerie van EZK, SodM en decentrale overheden om vergunningsaanvragen spoedig, eenduidig, planbaar en transparant te verwerken.

Ook is er een beslissing nodig vanuit het Klimaat- en Energieakkoord over hoe op wijkniveau de optimale warmtevoorziening wordt gekozen. Specifiek is er nodig:

- **Aanleg van warmtenetten op basis van wijkgerichte aanpak en gecoördineerd warmteaanbod voor decentrale overheden.** Dit vergt een uitgewerkte aanpak (in het Klimaat- en Energieakkoord 2018) voor de identificatie van wijken, samen met (decentrale) overheden, gebouweigenaren en/of bewoners, waar een collectieve warmteoplossing (warmtenet) nodig is, inclusief een perspectief op eigenaarschap en financiering. Dit is nodig om op lokaal niveau te kiezen voor de warmtevoorziening met de laagst maatschappelijke kosten.
- **Afstemming en optimalisatie ruimtelijk- en milieubeleid tussen verschillende overheden.** Dit is noodzakelijk om de ondergrond optimaal te benutten tegen de laagst mogelijke maatschappelijke kosten. Dit vergt coördinatie tussen Ministeries BKZ, EZK, I&W, LNV en zowel decentrale overheden als semipublieke instanties zoals drinkwaterbedrijven.
- **Doorontwikkeling en implementatie van een participatiemodel voor lokaal draagvlak voor projecten, in samenwerking met onder andere (decentrale) overheden en warmtebedrijven.** Verschillende partijen zullen moeten samenwerken om gebouweigenaren en andere afnemers goed te bereiken, maar ook om omwonenden op de juiste manier te betrekken bij verschillende fases vóór het starten van een aardwarmteproject (of andere duurzame energievorm in hun omgeving) en tijdens de realisatie en exploitatie.
- **Vast en voorspelbaar lange termijn energiebeleid** om de business case voor duurzame warmtebronnen te verbeteren. Bijvoorbeeld door eindgebruiker-specifieke besparingsdoelen, een CO₂-prijs en/of kosten-plusmodel voor warmte.

¹⁰ TNO/EBN (2017), “Kader voor exploratiewerkprogramma geothermie in gebieden met lage datadichtheid”

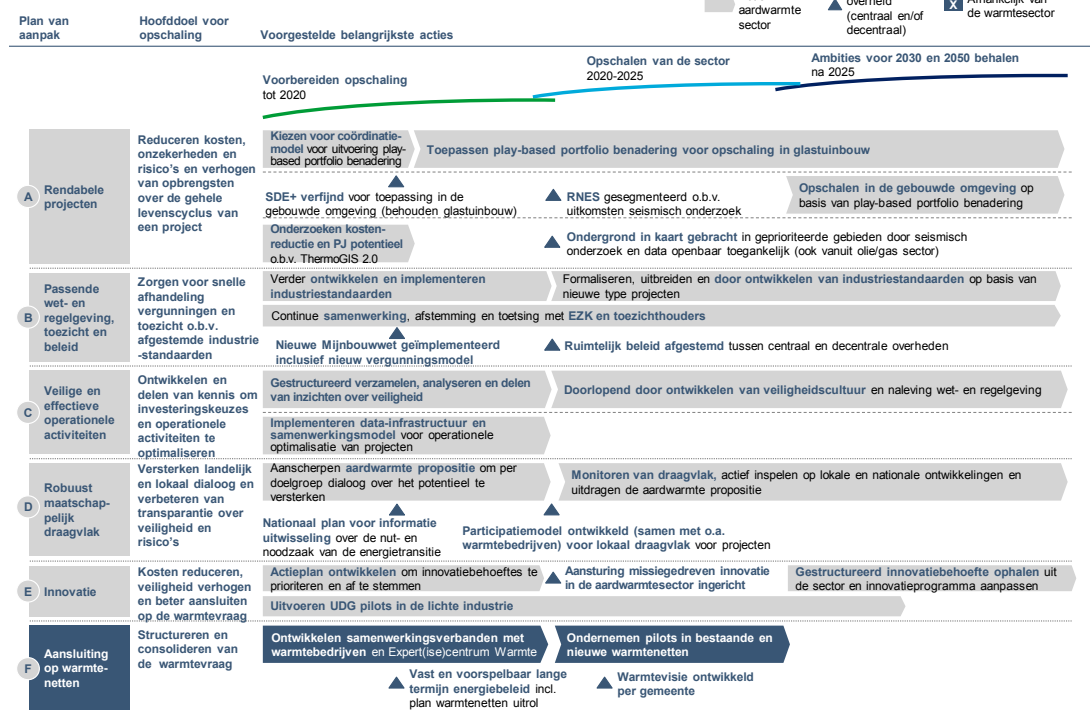
[1] Regeling Nationale EZ Subsidies

In dit Masterplan worden deze acties uitgewerkt in zes thematische hoofddoelen:

- A. **Rendabele projecten:** Zorgen voor rendabele projecten door kosten, onzekerheden en risico's te reduceren en opbrengsten te verhogen over de gehele levenscyclus van een project;
- B. **Passende wet- en regelgeving, toezicht en beleid:** Zorgen voor snelle afhandeling van vergunningen en toezicht op basis van afgestemde industriestandaarden;
- C. **Veilige en effectieve operationele activiteiten:** Optimaliseren van investeringskeuzes en operationele activiteiten over de gehele levenscyclus door kennisontwikkeling en deling inclusief standaardisatie;
- D. **Robuust maatschappelijk draagvlak:** Waarborgen van een landelijke en lokale dialoog en zorgen voor transparantie over veiligheid en risico's;
- E. **Innovatie:** Innoveren voor efficiëntere aansluiting op de warmtevraag, kosten over de gehele waardeketen en levenscyclus te reduceren en veiligheid verder te verhogen;
- F. **Aansluiting op warmtenetten:** Structureren en consolideren van de warmtevraag om geschikt te zijn voor het minimale rendabele vermogen van aardwarmte projecten en bijbehorende bronnen tijdens de piekvraag.

Op ieder van de terreinen zijn acties nodig op korte en lange termijn vanuit betrokken partijen aan zowel de vraag- als aanbodzijde en vanuit nationale en lokale overheden. Deze worden geschetst per hoofdstuk, met de prioriteiten samengevat in de routekaart in Figuur 6.

Figuur 6: Voor veilige, verantwoorde, duurzame en kosteneffectieve opschaling van aardwarmte zijn acties nodig op korte en lange termijn



Specifiek voor de ondergetekenden DAGO, SPG, Stichting Warmtenetwerk en EBN zijn in dit Masterplan rollen en verantwoordelijkheden weggelegd om de ambities van de aardwarmtesector te kunnen faciliteren. De komende periode zullen deze partijen samen met de ministeries van EZK en Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (BZK) verdere afstemming zoeken over een aantal van de belangrijkste benodigde rollen. Deze beslissingen zijn deels afhankelijk van de resultaten van het Klimaat- en Energieakkoord en de beslissing over de invulling van de deelname van EBN en zijn daarom nu nog niet te maken. De vervolgstappen vinden plaats in de context van een voortgezette samenwerking tussen de ondergetekenden, waarbij wij zorg dragen voor een gecoördineerde uitwerking van dit Masterplan. Bij de uitvoering van het Masterplan zullen wij een brede groep aan belanghebbenden betrekken. Hiernaast zullen wij jaarlijks een bijeenkomst organiseren voor alle partijen betrokken bij aardwarmte om de voortgang van het Masterplan en algemene ontwikkeling van de aardwarmte sector te bespreken. Zo kunnen we gezamenlijk werken aan de veilige, duurzame en kosteneffectieve opschaling van aardwarmte in Nederland, breed gedragen in de samenleving.

I. Introductie

Nederland staat voor een belangrijke opgave: een doelstelling om voor 2030 de emissies CO₂-equivalente emissies (CO₂-eq) met 49% te reduceren en met 95% voor 2050 ten opzichte van 1990. Om dit te bereiken zal Nederland zes keer sneller moeten verduurzamen dan momenteel gebeurt. Ongeveer

40%, 960 petajoule (PJ), van de huidige Nederlandse energievraag is voor warmte, resulterend in ongeveer 40% van emissies (71 mton). Een diversiteit aan oplossingen zal nodig zijn om deze warmtevraag te verduurzamen. Aardwarmte kan een bijdrage leveren van 50 PJ in 2030 en 200+ PJ in 2050, oftewel een CO₂-eq reductie van respectievelijk 3 en 12 mton.

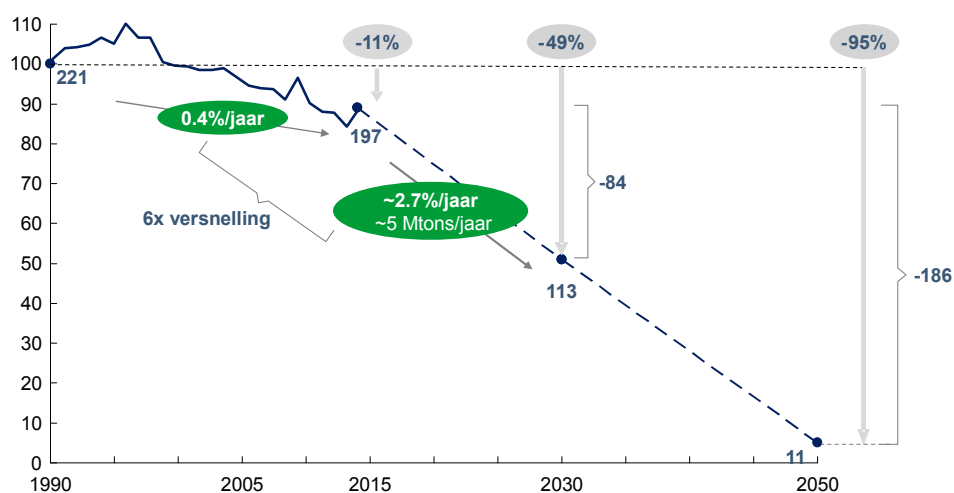
Naar aanleiding van de klimaatconferentie COP21 in Parijs hebben 195 landen afgesproken om de uitstoot van broeikasgassen te reduceren. Dit heeft als doel om verdere antropogene klimaatverandering tegen te gaan en de maximale stijging van de gemiddelde temperatuur op aarde onder de 2°C te houden, met additionele poging om dit onder de 1,5°C te houden. In het Regeerakkoord 2017-2021 staan richtlijnen voor wat dit betekent voor Nederland in 2030. Deze worden gespecificeerd in een Klimaat- en Energieakkoord in 2018. Dit gaat aan de hand van vijf “tafels” die de belangrijkste thema’s bespreken: gebouwde omgeving, industrie, landbouw en landgebruik, mobiliteit en elektriciteit. Om de doelstellingen te behalen zal de huidige verduurzaming zes keer moeten versnellen en dezelfde trend zich doorzetten tot 2050.

Figuur 7: Doelstelling Nederland om voor 2030 CO₂-eq emissies met 49% te reduceren

CO₂-eq emissies, % verandering t.o.v. 1990

ILLUSTRATIEF

XX Absolute CO₂-eq mton emissies



BRON: Regeerakkoord 2017-2021, McKinsey Energy Insights

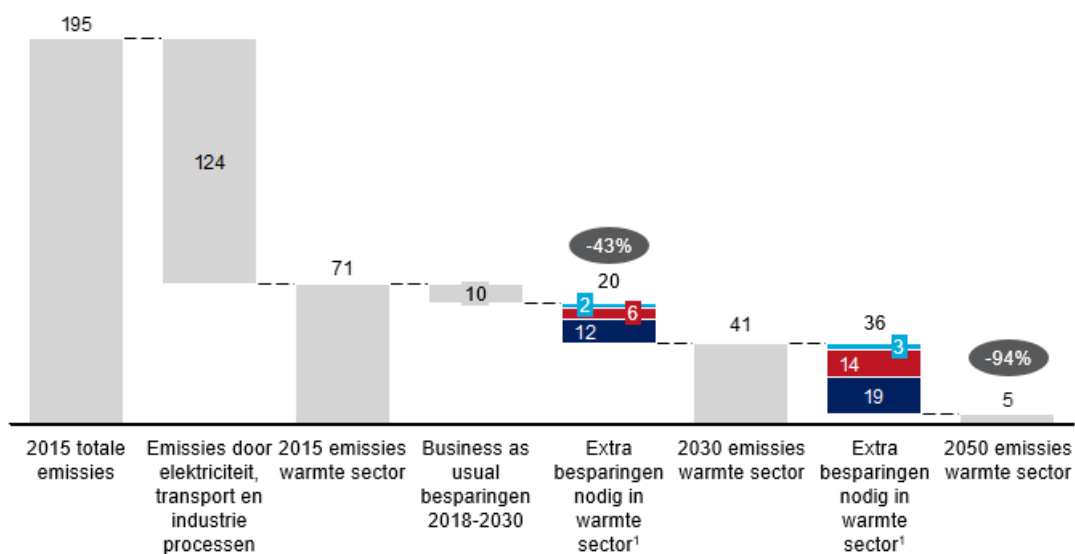
Hiervoor zijn verschillende maatregelen nodig in de energiesector om de afhankelijkheid van fossiele brandstoffen te verminderen (bijvoorbeeld groene stroom, elektrische auto's, bio-plastics, etc.), waarbij de warmtesector een cruciale rol speelt. De warmtesector is goed voor ongeveer 40% van de huidige energievraag en 45% van de emissies door een afhankelijkheid van aardgas (65%) en olie (11%). Om aan de hierboven omschreven doelstellingen te voldoen zal de warmtesector ~20 mton moeten besparen voor 2030 en daarbovenop nog eens ~36 mton voor 2050. Dit neemt aan dat de warmtevraag zal dalen van de huidige 960 PJ naar 930 PJ in 2030 en 870 PJ in 2050 door efficiëntere processen, betere isolatie van gebouwen, duurzame nieuwbouw en een beperkte verandering in bevolking en economische structuur.

Figuur 8: Om emissie doelstellingen te halen zal de warmte sector ~20 mton moeten besparen voor 2030 en nog eens ~36 mton voor 2050

INDICATIEF

CO₂-eq emissies, in mton

Landbouw Gebouwde omgeving Industrie Besparing t.o.v. 2015



¹ Uitgaande van gelijke relatieve besparingen in de verschillende gebruikers segmenten

BRON: Regeerakkoord 2017-2021, McKinsey Energy Insights, ECN

Om de emissiereductie doelstellingen te halen zal met de huidige emissie-intensiteit van warmteproductie ~400 PJ aan warmte verduurzaamd moeten worden voor 2030, en zal in 2050 de volledige warmtevraag van ~870 PJ moeten worden verduurzaamd. Dit kan met individuele oplossingen als elektrische warmtepompen of collectieve oplossingen via een warmtenet. Verschillende bronnen kunnen hierop worden aangesloten: biomassa, duurzame restwarmte, waterstof en/of aardwarmte. De optimale oplossing met de laagst mogelijke maatschappelijke kosten zal verschillen per locatie, afhankelijk van omstandigheden zoals het niveau van isolatie en beschikbare bronnen. Er bestaan verschillende scenario's om tot een CO₂-neutrale warmtevoorziening te komen. Allen echter met een diversiteit aan oplossingen (warmtebronnen) en een verschil in de mix voor de basis- en pieklast.

Ongeveer de helft van de warmtevraag ligt in de gebouwde omgeving, 40% in de industrie en 8% in de landbouw. In de gebouwde omgeving betekenen de emissie doelstellingen dat 100% van nieuwbouw fossielvrij moet zijn – ongeveer 1 miljoen woningen tot 2030 en een additionele half miljoen woningen tussen 2030 en 2050. Daarnaast moeten voor 2030 1,6 miljoen bestaande woningen van het gas af en na 2030 de overgebleven 4 miljoen woningen. In de landbouw, moet ~40% van de kassen duurzaam verwarmd worden in 2030, en allemaal voor 2050.

Met een bijdrage van 200+ PJ in 2050, levert aardwarmte ongeveer 65% van de warmtevraag in de glastuinbouw, 35% van de gebouwde omgeving en 6% van de industrie. Momenteel levert aardwarmte 0,5% van de totale warmtevraag. In 2030 zou dit 5% van de ~930 PJ warmtevraag zijn, en in 2050 23% van de ~870 PJ warmtevraag. Dit levert een CO₂-eq besparing van ~3 mton op in 2030 en ~12 mton voor 2050 (4% en 7% van de respectievelijke CO₂-eq reductie nodig in Nederland).

Dit betekent een opschaling van 17 doubletten naar ~175 in 2030 en ~700 in 2050, versnellend in de tijd. Tot 2020 moeten er ~3 doubletten per jaar geopend worden en van 2021-2025 worden dit ~10 doubletten per jaar. Tussen 2025 en 2030 zal er flink versneld moeten worden naar ~20 doubletten per jaar, en na 2030 naar ~26 nieuwe doubletten per jaar. Ter vergelijking, in 2018 worden naar verwachting vijf nieuwe installaties in bedrijf genomen. Voor de warmtesector betekent dit een opschaling van warmtenetten van de huidige 25 PJ naar meer dan 150 PJ in 2050. Hoewel technisch mogelijk vergt dit grote inspanningen op het gebied rondom wet- en regelgeving, operationele activiteiten en draagvlak om te zorgen dat dit veilig, verantwoord en duurzaam gebeurt. Dit Masterplan schetst hoe de sector ambieert deze opschaling mogelijk te maken en wat hier verder voor nodig is.

II. Wat is aardwarmte

Aardwarmte is een belangrijke bouwsteen in de verduurzaming van de warmtevoorziening aangezien het nauwelijks CO₂-uitstoot. Aardwarmte is een lokale bron van duurzame energie, die niet afhankelijk is van weersomstandigheden, dag/nacht en seizoencycli. Het is een bewezen techniek die in Europa in landen als IJsland, Frankrijk, Duitsland en Italië al tientallen jaren met succes wordt toegepast.

In de aardbodem is vanaf 500 tot meer dan 4000 meter diepte warm water aanwezig dat is opgeslagen in (poreuze) zand- en kalksteenlagen. De warmte is ontstaan in de diepere aarde en komt door stroming en uitstraling in de buitenste schil van de aarde die in Nederland enkele tientallen kilometers dik is. In Nederland bestaan verschillende lagen afhankelijk van de periode waarin ze gevormd zijn. Deze lagen worden ook wel “plays” genoemd. Het aardwarmtepotentieel beschikbaar in deze aardlagen is afhankelijk van de karakteristieken van de ondergrond. Het warme water wordt opgepompt en via een warmtewisselaar gebruikt als verwarming in de glastuinbouw, gebouwde omgeving en lichte industrie.

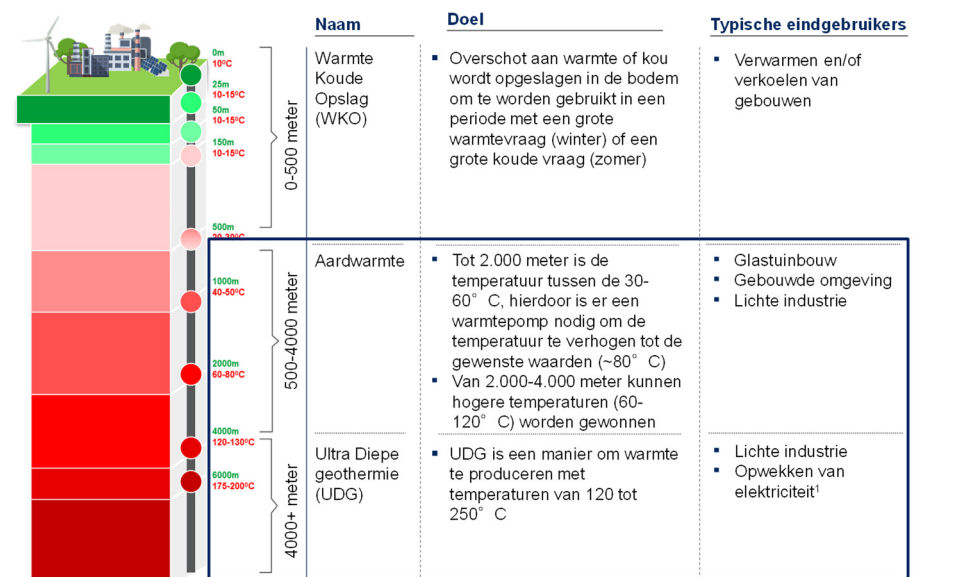
Verschillende vormen van warmte uit de ondergrond

Er bestaan diverse manieren waarop de warmte uit de ondergrond gebruikt kan worden, afhankelijk van de diepte en ingezette technieken (zie Figuur 9). In Nederland zijn de volgende technieken van toepassing. In dit Masterplan worden aardwarmte en Ultra Diepe Geothermie behandeld.

- Warmte Koude Opslag (WKO); een buffer techniek om warmte of koude op te slaan (in tegenstelling tot het produceren van warmte). Hierbij wordt een overschot aan warmte of kou opgeslagen in de bodem (tot 500 meter) voor inzet in een periode met een grote warmtevraag (in de winter) of een grote koude vraag (in de zomer).
- Aardwarmte, is bestaande warmte die wordt gewonnen uit aardlagen op dieptes tussen 500 en 4.000 meter. Op kleinere diepte (tot 1.000 meter) zijn de temperaturen (30 - 40°C) met de huidige technieken niet altijd hoog genoeg voor direct gebruik, waardoor er een warmtepomp nodig is om de temperatuur te verhogen tot de gewenste waarden. Vanaf 2.000 meter kunnen hogere temperaturen worden gewonnen tussen de 70 en 100 °C. Aardwarmte kan aardgas vervangen in bijvoorbeeld de glastuinbouw, de industrie of voor het verwarmen van gebouwen. Deze technologie wordt in bijvoorbeeld Frankrijk al sinds de jaren '70 toegepast om huizen in de regio van Parijs van warmte te voorzien. Het geproduceerde water heeft daar een temperatuur tussen 55-85 °C en wordt gewonnen op 1.500-2.000 meter diepte.
- Ultra Diepe geothermie (UDG) wordt gewonnen op een diepte van meer dan 4.000 meter. UDG is een manier om warmte te produceren met temperaturen boven de 130 °C. De warmte zou gebruikt kunnen worden als warmte in industriële processen of voor het opwekken van elektriciteit. Een belangrijk verschil tussen aardwarmte en UDG is dat er meer ondergrond data beschikbaar is en meer ervaring is met boren op dieptes minder dan 4.000 meter door olie- en gasboringen (>3.000 boringen op land in Nederland). De kennis over de ultradiepe ondergrond is veel beperkter; er zijn circa zeven boringen geweest dieper dan 4.000 meter.

Hierdoor zullen het verkrijgen van meer kennis over de diepe ondergrond en innovatie belangrijker zijn voor deze techniek.

Figuur 9: Verschillende vormen van warmte uit de ondergrond

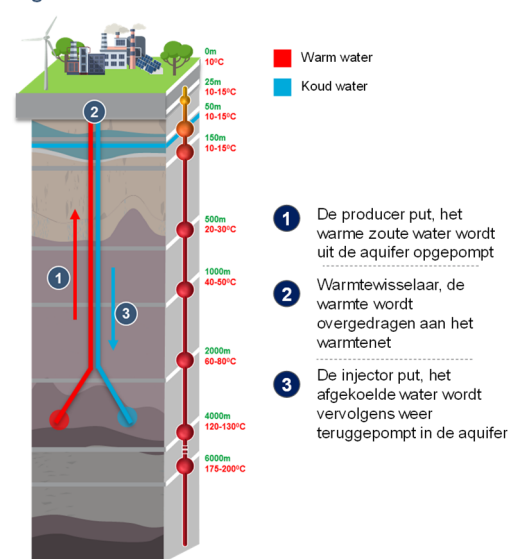


1 Niet opgenomen in het Masterplan
BRON: www.hoewerkaardwarmte.nl

Productie van aardwarmte via productie- en injectieput

Om de warmte uit de aarde te halen, worden waterhoudende aardlagen (aquifers) aangeboord (zie Figuur 10). Uit deze aquifers wordt het warme zoute water opgepompt en de warmte wordt overgedragen aan het warmtenet via een warmtewisselaar. Het opgepompte water zit in een gesloten systeem en komt niet in aanraking met het water dat circuleert richting eindgebruiker. Het afgekoelde water wordt vervolgens weer teruggepompt (geïnjecteerd) in de aquifer en warmt weer op door de constante hitte uit de aardkern. Een aardwarmte-installatie bestaat daarom uit minimaal twee putten (één doublet): tenminste één put wordt gebruikt voor het oppompen van warm water (de producer) en tenminste één put wordt gebruikt voor het injecteren van afgekoeld water (de injector). Bovengronds staan deze putten enkele meters uit elkaar maar het uiteinde van deze put bevindt zich op ongeveer 1 tot 2 kilometer afstand van de eerste put om te snelle doorbraak van uitgekoeld water te voorkomen. Aardwarmte is een erg stabiele warmtebron. Hierdoor kan er een constante hoeveelheid warm water gewonnen worden. De technische levensduur van een doublet wordt geschat op circa 30 jaar. Er wordt verwacht dat de aquifer na het stopzetten van de warmte-onttrekking in de omgeving van de put in enkele tientallen jaren weer op temperatuur zal zijn. Voor UDG is nog niet bekend hoeveel tientallen jaren het zal duren voordat de aquifer weer op temperatuur is.

Figuur 10: Illustratieve aardwarmte installatie



N.B. Horizontale en verticale schaal zijn hier niet hetzelfde.
BRON: www.hoewerkaardwarmte.nl

Opschaling op basis van de “play-based portfolio benadering”

Om de ontwikkeling van aardwarmte in Nederland te versnellen door kosten en risico's te reduceren kan een play-based portfolio benadering toegepast worden¹¹. Dit houdt in dat er wordt gezocht naar min of meer vergelijkbare, homogene gesteentelagen binnen de heterogene ondergrond die te onderscheiden zijn op basis van samenstelling en ouderdom. Deze homogene gesteentelagen worden ook wel “plays” genoemd. Door de play als geheel te beschouwen wordt het mogelijk opgedane kennis en ervaring op één locatie toe te passen op andere (potentiële) aardwarmteprojecten binnen dezelfde play.

Als deze benadering consequent wordt toegepast op een portfolio met meerdere projecten binnen eenzelfde play dan levert dit schaalvoordelen op, waardoor ontwikkelingskosten van de gezamenlijk geplande en ontwikkelde doubletten gereduceerd kunnen worden. Dankzij geologische risico reductie, synergie, efficiëntie en standaardisatie kan een reductie van ~30% bereikt worden in 2030, afhankelijk van het aantal doubletten binnen een (sub-)play. Zo is er bijvoorbeeld grote winst te behalen in contracten en inkoop in de realisatiefase, waar onder andere nodige boorinstallaties en teams voor elkaar opeenvolgende projecten kunnen worden ingehuurd. Op deze manier boren in ‘campagnes’ levert ook tijd- en kostenbesparing op door minder beweging van boorinstallaties, hergebruik van ‘mudsystemen’ en aansluiting aan hoogspanning in plaats van diesel generatoren. Verdere kostenreductie naar 50% in 2040 is mogelijk dankzij gerichte innovatie, integrale projectontwikkeling, optimalisatie van bovengrondse vraag en infrastructuur, en financieringsvoordelen.

Er bestaan in Nederland zeven aardlagen die potentieel geschikt zijn voor het produceren van aardwarmte namelijk: het Rotliegend, Trias, Jura/Krijt, Boven Carboon-, de Chalk-, de Tertiare- en Zechstein-play.

Belangrijke ondergrond karakteristieken voor aardwarmte en verwacht vermogen van een aardwarmteproject

Voor het realiseren van een aardwarmteproject is kennis van de ondergrond noodzakelijk. Het vermogen van een aquifer is sterk afhankelijk van de karakteristieken en ligging van de gesteentelaag zoals:

- De diepte is sterk gecorreleerd met de temperatuur van het water, gemiddeld stijgt de temperatuur met 30°C per kilometer diepte¹²;
- De dikte van de aardlaag bepaalt de hoeveelheid beschikbaar water in de aquifer, de minimale dikte van een aquifer is 20-50m¹³;
- De porositeit en permeabiliteit bepalen voor een groot deel de hoeveelheid water die te produceren is.

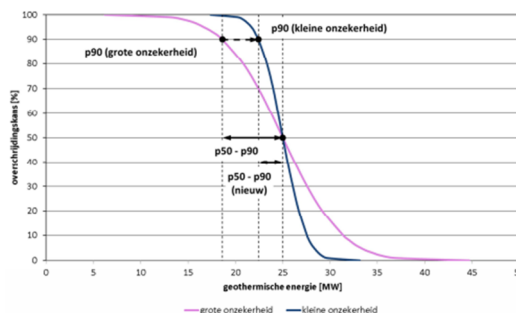
¹¹ Zie voor details EBN, TNO (2018), “Het geheel is groter dan de som der delen (Play-based portfolio benadering)” en IF Technology, CE Delft, Berenschot (2018), “Opschaling geothermie”

¹² RVO (2010): “Warmte uit de diepte”, www.rvo.nl/sites/default/files/rvo_website_content/EOS/DEMO03034_0.pdf

¹³ TNO (2013): “Hoge temperatuur opslag in ondiepe ondergrond”

Zand- en kalksteenlagen zijn aardlagen met een geschikte porositeit en permeabiliteit waarin zich aquifers kunnen bevinden. Voordat een aardwarmteproject gerealiseerd is, is de ondergrond in bepaalde mate onbekend. Dit kan doordat er nog geen borings- en/of seismische data beschikbaar zijn. Zolang de ondergrond onbekend is, is de grootte van het te behalen geothermisch vermogen onzeker.

Figuur 11: Verwachtingscurve van het vermogen van een aardwarme installatie (doublet) vóór en na onzekerheidsreductie



BRON: TNO – Ultra Diepe Geothermie casus Almere en Barendrecht

Door de onbekendheid van de ondergrond zijn er verschillende scenario's waar rekening mee moet worden gehouden. Voor de haalbaarheidsstudie (business case) zijn, behalve het verwachte vermogen, de vermogens in het gunstigste en ongunstigste geval belangrijk. Het terugdringen van de geologische onzekerheid kan het beste uitgedrukt worden als optimalisatie van de vermogensverwachtingscurve. Deze curve wordt gekenmerkt door de in de geologie veel gebruikte waardes namelijk: P90, P50 en P10 waardes. Het verschil tussen de P90 en P10 is een maat voor de onzekerheid dat een bepaald vermogen behaald kan worden. Bijvoorbeeld, een aquifer heeft een verwacht vermogen van 5 MW met een P90 waarde (90% kans), wanneer er een ander vermogen wordt aangenomen verandert de kans ook mee. Wanneer de ondergrond grotendeels onbekend is, is de onzekerheid nog heel groot. Daardoor is de kans op een groot vermogen klein, en die op (tenminste) een klein vermogen groot. De play-based portfolio benadering richt zich ook op het verminderen van de geologische onzekerheid, en probeert zo het verschil tussen de P10- en P90-waardes te reduceren. Figuur 11 laat zien dat het verkleinen van de geologische onzekerheid de P90-waarde op laat schuiven naar een hogere waarde.

De onzekerheid over de ondergrond kan verkleind worden door het bestuderen van bestaande ondergrond data, het uitvoeren van seismisch onderzoek en exploratieboringen uit te voeren. Ieder van deze vormen van onderzoek verhogen kennis van de ondergrond zoals uitgelegd in Figuur 12.

Figuur 12: Via seismische acquisitie en exploratieboringen wordt de nodige kennis van de gehele ondergrond steeds nauwkeuriger bepaald



¹ Note: plays met een dikte kleiner dan 50 m zijn uitgesloten van de potentieel bepalingen

BRON: TNO (2017). "Kader voor exploratiewerkprogramma geothermie in gebieden met lage datadichtheid"

Kansen en risico's bij het produceren van aardwarmte

Het gebruik van aardwarmte in plaats van gas als warmtebron levert een significante CO₂-reductie op. Voor een gemiddeld project bedraagt de CO₂-reductie 88% ten opzichte van aardgas. Voor de tot toe gerealiseerde bronnen bedraagt de CO₂-uitstoot gemiddeld ongeveer 7 kg/GJ, ten opzichte van 57 kg/GJ voor aardgas. Het water wordt de productieput uit en de injectieput in gepompt door middel van elektrische pompen. Wanneer deze pompen worden voorzien van groene elektriciteit is de uitstoot van CO₂ nagenoeg nul. Een ander voordeel is dat aardwarmte een lokale bron van duurzame energie is die niet afhankelijk is van weersomstandigheden, dag/nacht en seizoenen cycli.

Veiligheid heeft de hoogste prioriteit voor de aardwarmtebedrijven. De risico's worden vooraf in kaart gebracht, er worden passende veiligheidsmaatregelen getroffen en er wordt geleerd van eerdere ervaringen. De risico's verschillen per project en locatie; niet elk risico doet zich bij elk project voor. De risico's die verbonden zijn aan het produceren van aardwarmte zijn: trillingen, het ontsnappen van gasen tijdens het boren van de doubletten en het produceren van aardwarmte, natuurlijke straling van het productiewater, verontreiniging van het grondwater en bodemdaling.

- Boren in de ondergrond kan trillingen en aardbevingen veroorzaken. Door bij het boren rekening te houden met natuurlijke breuken in de ondergrond is de kans op een aardbeving klein. Na het boren van de doubletten wordt er gekeken of de druk in de ondergrond en breuken afwijken van de verwachtingen en of het starten van de productie verantwoord is.
- Tijdens het boren is er een kleine kans gas onder druk te vinden. Daarom zijn er veiligheidsmaatregelen in de installatie, zoals afsluiters, om hoge drukken te weerstaan. In het opgepompte water zit vaak wat gas opgelost. Dat wordt, indien dit het geval is, opgevangen in een gasscheider en gebruikt of teruggevoerd in de injectieput. De put staat niet onder druk als de pomp uitstaat.
- In de ondergrond bevinden zich van nature laagradioactieve deeltjes in lage concentraties. Deze kunnen mee naar boven komen en zich in de filters ophopen. De bedrijven waar dit gebeurt, hebben hiervoor maatregelen genomen en voeren het filterafval apart af. De deeltjes kunnen niet in de (verwarmingsbuizen van de) kassen of woningen terechtkomen. Het opgepompte water zit in een gesloten systeem en komt niet in aanraking met het water dat circuleert richting eindgebruiker.
- De buizen zijn ontworpen om te voorkomen dat water van de ene aardlaag in de andere terecht komt. Als deze tóch lekken kan dit het grondwater verontreinigen. Robuust putontwerp, regelmatig onderhoud en monitoring reduceren de kans dat lekkage optreedt, zorgen voor een tijdige ontdekking van fouten en verminderen zo de effecten als er iets gebeurt.
- Bij het produceren van aardwarmte wordt er geen materie aan de ondergrond onttrokken: alleen de warmte wordt gewonnen en het afgekoelde water wordt weer teruggepompt. Hierdoor blijft de gemiddelde druk onveranderd en is de kans op bodemdaling gering.

De aardwarmte waardeketen

De waardeketen van aardwarmte begint met het uitvoeren van onderzoek naar de ondergrond en eindigt met opruimen van de aardwarmte installaties wanneer de aquifer op die plek is afgekoeld zoals gevisualiseerd in Figuur 13. Er is een sterke afhankelijkheid met de bredere warmte waardeketen, hier in groen weergegeven.

Figuur 13: De waardeketen voor aardwarmte interacteert met de bredere en aparte warmte waardeketen



1. De **onderzoeksfase** bestaat uit het uitvoeren van seismisch onderzoek om de ondergrond in kaart te brengen. Vanuit de verkregen ondergronddata wordt er ingeschat of er gesteentelagen aanwezig zijn waaruit aardwarmte kan worden gewonnen. Parallel aan dit proces moet de warmtevraag op de betreffende locaties worden bepaald om een match te kunnen maken tussen de bovengrondse-warmtevraag en het ondergrondse warmteaanbod.
2. De **verkenningfase** begint wanneer een aardwarmte-operator uit de verkregen ondergronddata een geschikte locatie heeft gevonden om naar aardwarmte te boren. Er is dan een opsporingsvergunning (boorvergunning) en een omgevingsvergunning nodig. Deze vergunningen vraagt het bedrijf aan bij de minister van EZK. Zodra de opsporings- en omgevingsvergunningen afgegeven zijn kan de operator starten met de realisatie van het aardwarmteproject.
3. De **realisatie** van aardwarmteprojecten houdt in dat er een organisatiemodel wordt uitgewerkt, een risicoanalyse wordt uitgevoerd, de financiering wordt geregeld en de doubletten, installatie en warmtenetwerken worden ontworpen, geboord en aangelegd. Het ontwerp moet zodanig zijn dat er zo lang mogelijk, kostenefficiënt en veilig geproduceerd kan worden. Het put ontwerp dient ingeleverd te worden bij toezichthouder SodM, waar het ontwerp getoetst wordt op de vereiste eigenschappen en veiligheidskwalificaties.
4. De **exploitatiefase** omvat vier delen namelijk een operationele-, onderhouds-, controle en optimalisatie component:
 - a. In stap één in de **operatiefase** wordt de productiviteit en injectiviteit van de aquifer getest en indien mogelijk verbeterd. Daarnaast is deze fase bedoeld om de (overige) eigenschappen van het formatiewater, het reservoir en de doubletten te bepalen. Aan de hand van deze gegevens kan gestart worden met stap twee waarin de warmte op een veilige en verantwoorde wijzen voor lange tijd wordt geproduceerd.
 - b. Een adequaat **onderhoudsprogramma** is belangrijk om corrosie en scaling (dichtslibben van installaties) van de putten en bovengrondse installaties te voorkomen. Door middel van periodieke controles kan het onderhoudsplan geoptimaliseerd worden.
 - c. **Controleren** houdt in dat er een onafhankelijke partij op toeziet dat er tijdens de ontwikkeling en het exploiteren van de aardwarmtecentrale veilig geopereerd wordt.

- Dit houdt ook in dat er gedetailleerde metingen in putten worden verricht, het waterreservoir met integriteit gebruikt wordt
- d. Reservoir management is essentieel om rendement en levensduur te **optimaliseren**. Het doel van reservoir management is om operaties te beheren op basis van feiten, informatie en kennis om op een veilige en duurzame manier zo veel mogelijk economisch rendement uit een reservoir te verkrijgen.
5. Aardwarmte sluit aan op de **brede warmte waardeketen**, die bestaat uit het verkopen, opslaan, transporteren, balanceren en consumeren van warmte:
- a. **Verkopen**, wanneer de warmte verkocht is levert de eigenaar van bron de aardwarmte aan het distributienetwerk;
 - b. Het **opslaan** van warmte die niet gebruikt wordt is tot op heden economisch niet rendabel. Er bestaan systemen die het technisch mogelijk maken om warmte op te slaan in de bodem zoals WKO. Om grotere hoeveelheden warmte met hogere temperaturen op te slaan is nog innovatie nodig;
 - c. Het **transporteren** van de warmte naar de eindgebruikers gaat via goed geïsoleerde warmtenetwerken. Het transport van het warme water gebeurt via primaire aanvoerleidingen naar distributienetwerken bij de eindgebruiker. Een voorbeeld van een groot warmtenetwerk dat op gezet gaat worden is het regionale warmtenet van Warmtealliantie Zuid-Holland. Hier wordt warmte uit de haven van Rotterdam getransporteerd naar de gebouwde omgeving en glastuinbouw;
 - d. **Distributie** naar gebouwde omgeving, glastuinbouw en/of lichte industrie vanaf het transportnetwerk in kleinere buizen en cascadering van warmte vanuit de lichte industrie naar gebouwde omgeving;
 - e. **Balanceren** van de warmtevraag en warmtelevering door gebruik te maken van andere warmte- en energiebronnen om zo de pieken in vraag te kunnen opvangen en back-up te kunnen garanderen;
 - f. **Consumeren** van warmte voor verwarming van de gebouwde omgeving en glastuinbouw en in de geschikte (lagere) temperaturen in de industrie.
6. Het **opruimen** van de doubletten is noodzakelijk wanneer het einde van de levenscyclus is bereikt. De wijze waarop putten (of boorgaten) afgesloten, verwijderd en daarna getest moeten worden is wettelijk geregeld. Bij het sluitingsproces worden meerdere zogenoemde 'cementpluggen' van tientallen meters in de put geplaatst. Deze sluiten de put af en vormen een drukdichte barrière. De putten worden een aantal meter onder de grond afgesloten en afgezaagd en ook de bovengrondse installaties worden verwijderd. Bij het ontwerpen van de aardwarmte installaties is het noodzakelijk dat er al over na is gedacht over hoe het doublet zo kostenefficiënt mogelijk en veilig opgeruimd kan worden.

Bij deze aardwarmte waardeketen zijn verschillende belanghebbende betrokken, deze zijn uiteengezet in het organisatorische hoofdstuk.

III. Aardwarmte potentieel en onze ambitie

A. Technisch potentieel van aardwarmte

Een aardwarmteproject kan worden gerealiseerd als de ondergrond geschikt is en bovengronds een passende warmtevraag is. Om te bepalen of de ondergrond geschikt is voor het produceren van aardwarmte zijn seismische data en proefboringen nodig. Er zijn uiteenlopende schattingen van de hoeveelheid aardwarmte die in Nederland die jaarlijks geproduceerd zou kunnen worden (85 tot >1000 PJ)¹⁴. Dit komt doordat maar een deel van de ondergrond van Nederland in kaart is gebracht. Zelfs als er informatie over de ondergrond beschikbaar is, dan blijft er een onzekerheid bestaan over het uiteindelijke vermogen van een aardwarmtebron. Wij verwachten een technisch potentieel van meer dan 1000 PJ per jaar winbare aardwarmte in Nederland.

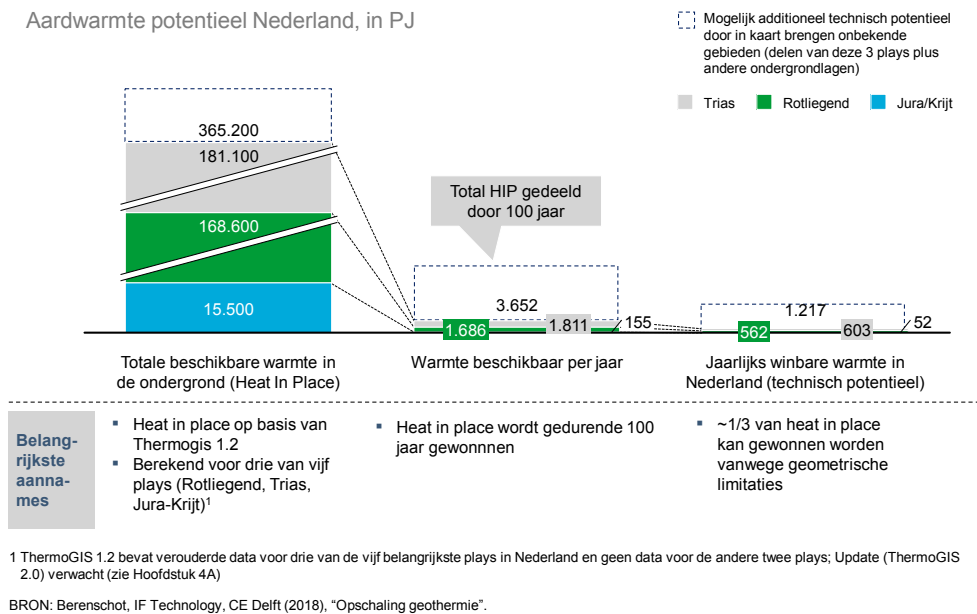
Door exploratie- en productieactiviteiten van de olie- en gasindustrie van de afgelopen 70 jaar is in noorden en zuidwesten van Nederland de ondergrond relatief goed in kaart gebracht. Een deel van het aardwarmtepotentieel zal niet worden gewonnen, doordat aardwarmtebronnen in een natuurgebied liggen of in een gebied waar drinkwater gewonnen wordt. Daarnaast kan de winning van aardwarmte worden beperkt door breuklijnen in de ondergrondse reservoirs of winning van aardgas (zoals bijvoorbeeld in delen van de provincie Groningen).

Op basis van data in ThermoGIS 1.2 is de potentieel winbare warmte meer dan 1000 PJ gedurende 100 jaar (zie Figuur 14). Dit is een conservatieve schatting omdat het alleen (een beperkt aantal) gebieden met goede kennis van de ondergrond meeneemt. Er is dus alleen op locaties waar met een hoge zekerheid het potentieel bepaald kan worden voldoende technisch potentieel om de doelstellingen van 50 PJ in 2030 en 200+ PJ in 2050 te behalen.

¹⁴ PBL (2017): "Toekomstbeeld klimaatneutrale warmtenetten in Nederland"

Figuur 14: Bekend technisch potentieel aardwarmte in Nederland is meer dan 1.000 PJ

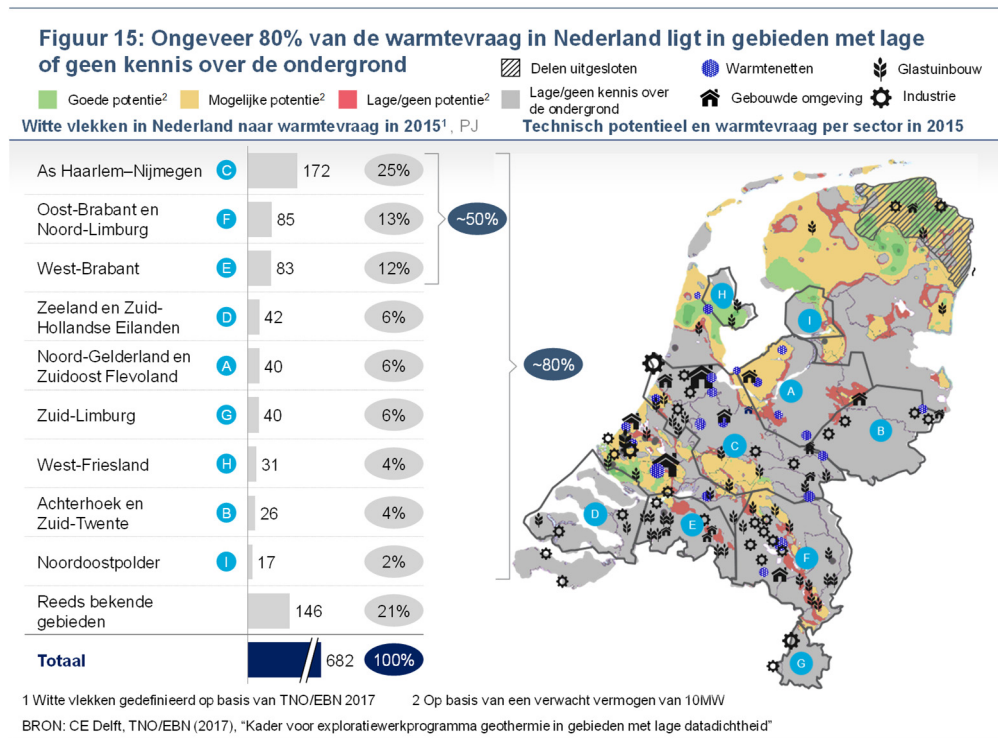
Aardwarmte potentieel Nederland, in PJ



Voor het overgrote deel van de ondergrond is er onvoldoende kennis over het potentieel voor aardwarmte – de zogeheten “witte vlekken” (zie Figuur 15). Het ministerie van EZK heeft EBN en TNO opdracht gegeven om deze gebieden in kaart te brengen. Er zijn negen gebieden geïdentificeerd waar door het gebrek aan seismisch onderzoek of boringen het technisch potentieel nu nog laag wordt ingeschat. Verdere exploratie van deze witte vlekken zal de nauwkeurigheid van deze schattingen vergroten, waardoor het daadwerkelijke technisch potentieel in Nederland kan worden bepaald¹⁵.

Het is van belang het onderzoek van de ondergrond te prioriteren aan de hand van de bovengrondse warmtevraag en het verwachte aantal plays in de ondergrond. Ongeveer de helft van de warmtevraag ligt in slechts drie witte vlekken: De As Haarlem–Nijmegen (C), Oost-Brabant en Noord-Limburg (F) en West-Brabant (E). Bij het in kaart brengen van de witte vlekken zijn synergiën te behalen wanneer seismiek en exploratieboringen voor plays die zich boven elkaar bevinden gecombineerd worden. Daarnaast moet zoveel mogelijk bestaande kennis van olie-, gas- en aardwarmteprojecten en ondergronddata benut worden. Hoe meer informatie beschikbaar is, hoe groter de kans op een succesvol doublet.

¹⁵ TNO (2017), “Kader voor exploratiewerkprogramma geothermie in gebieden met lage datadichtheid”



B. Onze ambitie

In 2050 is een mix van duurzame technieken nodig om de ~870 PJ aan warmtevraag te leveren. Een deel van deze vraag zal geleverd worden met oplossingen zoals elektrische warmtepompen en groen gas en een gedeelte met warmte via warmtenetten. Zowel de individuele als de collectieve oplossingen zijn nog in ontwikkeling en de toekomstige beschikbaarheid en kosten zijn onzeker. Zo is er mogelijk voor collectieve warmte onzekerheid over de economisch beschikbare warmte op de lange termijn en vergen elektrische oplossingen met groene stroom mogelijk grote investeringen ter verzwaring van het elektriciteitswerk en isolatie van woningen.

In de benodigde mix kan ongeveer 40% van de warmtevraag (~380 PJ) geleverd worden via warmtenetten, mits er voldoende economische en duurzame warmtebronnen regionaal aanwezig zijn (zie Figuur 18). Hiervan komt ~60 PJ uit de glastuinbouw, ~120 PJ uit de industrie (waar een warmtenet kan voorzien in de vraag tot 250 °C vanuit de zogenaamde lichte industrie) en het grootste aandeel, ~200 PJ, vanuit de gebouwde omgeving.

Aardwarmte kan een belangrijke bijdrage (geschat op maximaal ~230 PJ) leveren aan de ~380 PJ in de gezamenlijke warmtenetten. Er zal in 2050 naar schatting ~100 PJ duurzame restwarmte¹⁶ en ~50 PJ biomassa¹⁷ beschikbaar zijn als bron voor deze netten. Voor de overige 200+ PJ is aardwarmte het enige duurzame alternatief dat op grote schaal beschikbaar is¹⁸, waar het met name geschikt is als basislast. De variatie in warmtevraag gedurende het jaar limiteert de mogelijke vollasturen van aardwarmte. Dit kan worden opgelost door een portfolio van bronnen aan te sluiten op een warmtenet en bijvoorbeeld extra biomassa te gebruiken tijdens de piekvraag (zie Figuur 16). De afhankelijkheid

¹⁶ PBL (2017), "Toekomstbeeld klimaatneutrale warmtenetten in Nederland". Aanname: 50% gebruik op eigen locatie en 50% gelijke relatieve verdeling tussen GTB en GO

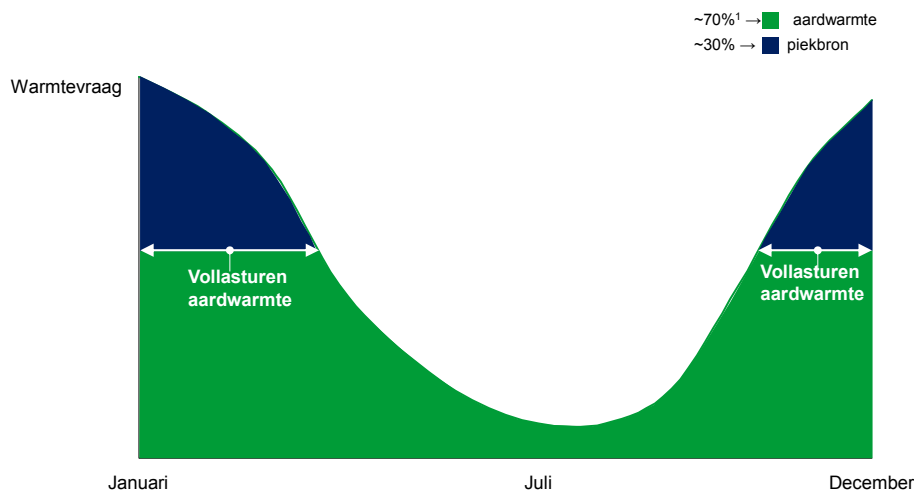
¹⁷ PBL (2018), Themasite "Biomassa wensen en grenzen". Aanname: gelijke relatieve verdeling over totale energievraag, inzet tijdens piekvraag

¹⁸ Zie Hoofdstuk 3A over Technisch Potentieel

van aardwarmtebronnen en de warmtenetten voor de gebouwde omgeving worden verder besproken in Hoofdstuk 4F. “Aansluiting op warmtenetten”.

Figuur 16: Aardwarmte als basislast aangevuld met flexibel inzetbare bron tijdens de piekvraag

CONCEPTUELE WEERGAVE
VOOR DE GEBOUWDE OMGEVING

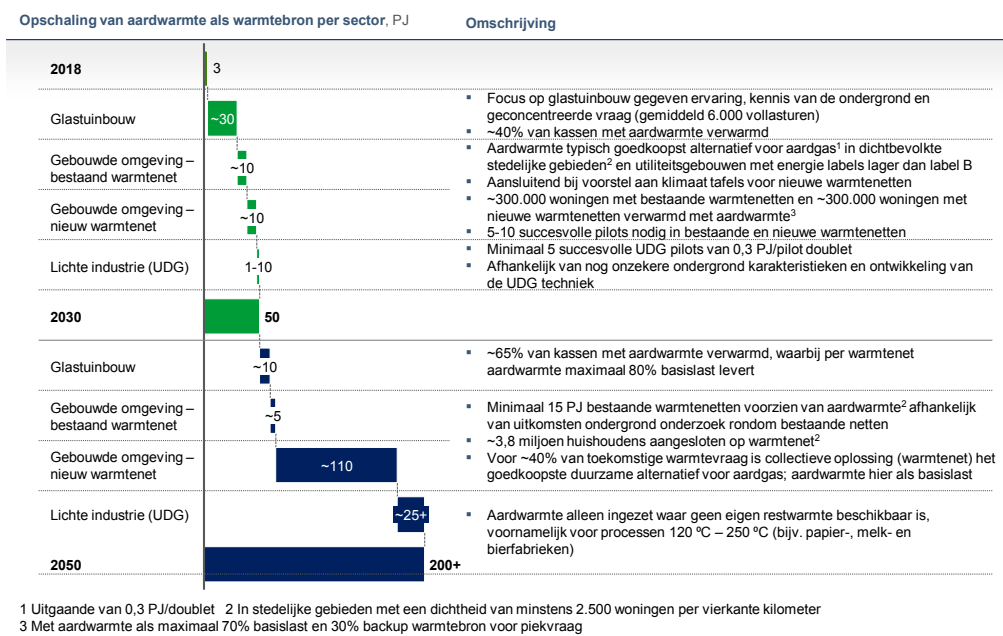


¹ In de glastuinbouw kan dit oplopen tot 80%

Om de juiste stappen te zetten om deze vraag te leveren, hebben we een ambitie gesteld voor 2030 (50 PJ) en voor 2050 (200+ PJ). De ambitie van 50 PJ in 2030 is in lijn met het geïdentificeerd potentieel door CE Delft en IF Technology van 38-75¹⁹ dat economisch gewonnen kan worden. De ambitie van 200+ PJ is een stip op de horizon die aansluit bij de totale verwachte vraag naar aardwarmte maar vergt voldoende economisch winbare aardwarmte. Om dit te bereiken is het onder andere nodig de ondergrond te verkennen, de bovengrondse vraag structureel in kaart te brengen en het ondergronds aanbod optimaal te benutten (bijvoorbeeld door middel van cascadering tussen de verschillende eindgebruikers). Deze onderwerpen zijn allen onderdeel van de volgende hoofdstukken.

¹⁹ Voorlopige resultaten op basis van een match tussen het bekende ondergrondse potentieel in ThermoGIS 1.2 en de bovengrondse warmtevraag en met beperkte cascadering (enkel tussen glastuinbouw en gebouwde omgeving). Zie ook IF Technology, CE Delft, Berenschot (2018), “Opschaling geothermie” en EBN, TNO (2018), “Het geheel is groter dan de som der delen (Play-based portfolio benadering)”

Figuur 17: Opschaling van aardwarmte begint met de glastuinbouwindustrie en na 2030 krijgt de gebouwde omgeving de grootste bijdrage



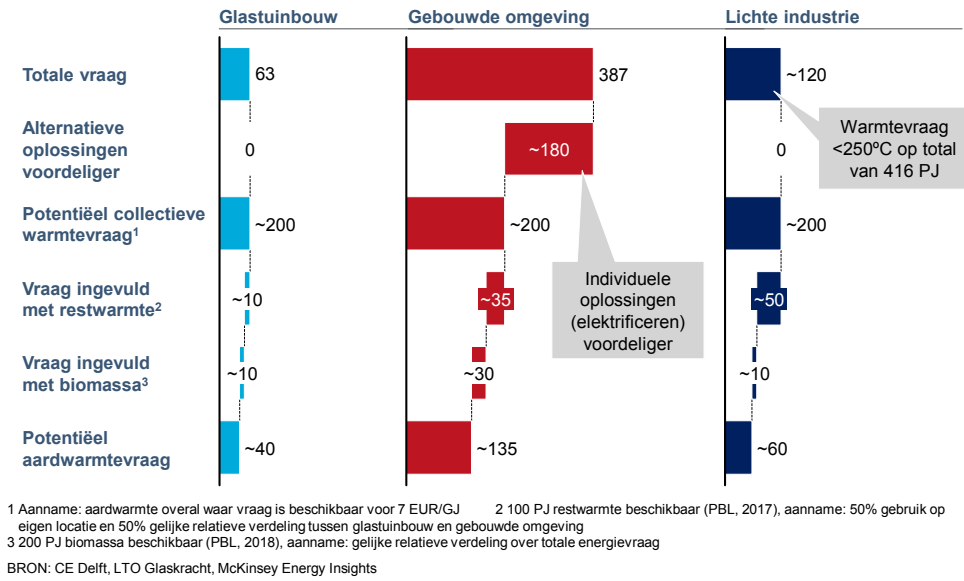
Tot 2030 zal het grootste gedeelte van de ambitie (~30 PJ) in de glastuinbouw worden gerealiseerd. De bestaande ervaring en geconcentreerde warmtevraag boven veelal bekende ondergrond, biedt de mogelijkheid om hier ervaring op te doen met de play-based exploitatie. Wij streven naar een versnelde realisatie van de klimaat neutrale ambitie van LTO Glaskracht (25-30 PJ in 2040 of 2050).

Voor de gebouwde omgeving en industrie zullen er tot 2025 pilots worden gestart en wordt in 2030 ~20 PJ geleverd om aan te sluiten bij de uitbreiding van de warmtenetten. Tegelijkertijd brengen we de vraag en het aanbod in kaart en werken we samen met warmtebedrijven, zodat we na 2030 kunnen opschalen daar waar op de lange termijn de verwachte vraag naar aardwarmte het grootst is. Op dit moment is er één aardwarmte doublet geboord dat eind 2018 aan het warmtenet in Den Haag gaat leveren: Haagse Aardwarmte Leyweg. In Tilburg en Leeuwarden wordt al gezocht naar geschikte locaties voor doubletten waarbij in Leeuwarden ook (deels) een nieuw warmtenet zal worden aangelegd.

In de industrie ontwikkelen we de bestaande pilots binnen Green Deal UDG, waar we samen met zes consortia van marktpartijen een exploratieprogramma starten om te onderzoeken of aardwarmte succesvol kan worden toegepast voor de lichte industrie. Afhankelijk van het succes daarvan en het ondergronds potentieel verwachten we dat er 1-10 PJ geleverd kan worden in 2030.

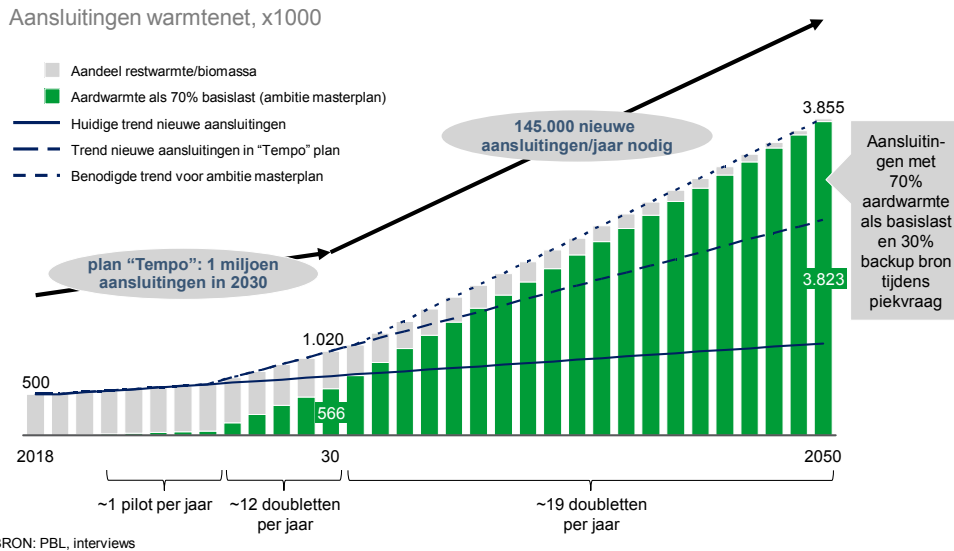
De ambitie van 200+ PJ in 2050 vergt een sterke opschaling in de gebouwde omgeving. We leveren het grootste gedeelte van de ambitie (~135 PJ) als basislast, die wordt aangevuld met duurzame restwarmte en biomassa (~65 PJ). Daarnaast kan ook in de lichte industrie aardwarmte een rol spelen. Door onzekerheid over de ontwikkeling van restwarmte wordt de komende jaren duidelijk hoe groot het aandeel van aardwarmte kan groeien, mogelijk tot ~60 PJ. Voor hogere temperatuur (>250 °C) industrie (~70% van industrie emissies), zien wij geen mogelijkheid om te verwarmen met aardwarmte.

Figuur 18: Mogelijke vraag naar aardwarmte in 2050 per eindgebruiker sector INDICATIEF



In Nederland zijn ~500.000 woningen aangesloten op een warmtenet en hier komen jaarlijks ~20.000 woningen bij. Om ~135 PJ aan de gebouwde omgeving te leveren is versnelling nodig. Aedes en de vijf grootste warmtebedrijven dienen een voorstel in om een miljoen aansluitingen te realiseren in 2030 (plan “Tempo”). Hiermee zouden vanaf 2025 jaarlijks 80.000 extra woningen worden aangesloten. Ook de regionale netbeheerders doen een bod om in 2030 bijna 1,2 miljoen aansluitingen te realiseren. Na 2030 is versnelling nodig naar ~145.000 woningen per jaar om de ambitie te leveren (zie Figuur 19).

Figuur 19: Met plan “Tempo” en 145.000 nieuwe aansluitingen per jaar vanaf 2030 zijn er voldoende aansluitingen om de ambitie in het Masterplan te realiseren



IV. Inhoudelijke plannen van aanpak

Onze ambitie voor de aardwarmtesector tot 2030 en 2050 kan alleen worden gerealiseerd met de juiste inzet van een brede groep belanghebbenden. Zowel vanuit de sector als vanuit onder andere overheden, warmtebedrijven en kennisinstituten zijn op de korte, middellange en lange termijn acties nodig. We hebben voor 6 verschillende thema's een hoofddoel, toekomstbeeld en acties gedefinieerd, zowel voor de sector als voor buiten de sector:

- A. **Rendabele projecten:** Rendabele projecten door kosten over de hele levenscyclus van een doublet en risico's te reduceren en opbrengsten te verhogen
- B. **Doelgerichte wet- en regelgeving, toezicht en beleid:** Snelle afhandeling van vergunningen en planbaar toezicht
- C. **Veilige en effectieve operationele activiteiten:** Optimaliseren van investeringskeuzes en operationele activiteiten om te zorgen voor veilige en effectieve uitvoering
- D. **Robuust maatschappelijk draagvlak:** Versterken van landelijke en lokale dialoog over de energie transitie en de rol van aardwarmte hierin
- E. **Innovatie:** Innoveren voor betere aansluiting op de warmtevraag
- F. **Aansluiting op warmtenetten:** Consolideren en structureren van de warmtevraag

De bovenstaande thema's worden hierna per hoofdstuk behandeld om antwoord te geven op de vragen:

- Hoe ziet het toekomstbeeld voor dit thema eruit?
- Welke acties zijn er vanuit de sector nodig?
- Wat is er nodig vanuit buiten de sector?

De belangrijkste doelen en acties zijn per hoofdstuk samengevat in een routekaart met daarin beschreven welke partij welke acties zal uitvoeren en op welke termijn (korte-, middellange en lange termijn).

A. Rendabele projecten

i. Toekomstbeeld voor opschaling van aardwarmte

Om tussen nu en 2030 160 doubletten te realiseren is een geschatte investering van rond de twee miljard euro nodig. Ook wanneer de realisatiekosten dankzij groeiende ervaring binnen de sector en door middel van gecoördineerde exploratie en exploitatie met 40% kunnen worden gereduceerd, zal tussen 2030 en 2050 nog eens rond de vier miljard euro nodig zijn om minstens 450 extra doubletten te realiseren.

Om er zeker van te zijn dat er voldoende investeerders worden aangetrokken om deze opschaling te financieren en om te voldoen aan de aanvullende financiële toetsingscriteria die zijn aangekondigd in de Beleidsbrief Geothermie, zullen de projecten een stabiel rendement moeten opleveren en de financiële risico's moeten worden verlaagd. Voor rendabele projecten zijn zowel zekere inkomsten, bijvoorbeeld met behulp van subsidies, als reductie van de ontwikkelings- en operationele kosten nodig. Financiële risico's worden gereduceerd door de kans op tegenvallende projecten te verlagen en de effecten van tegenvallende projecten te beperken. Voor dit eerste is meer kennis en ervaring van de ondergrond en aardwarmte nodig, terwijl het tweede bereikt kan worden door middel van voldoende eigen vermogen en verzekeringssystemen.

ii. Wat de sector gaat doen

Om de business case van projecten te verbeteren zal de sector vijf stappen ondernemen:

1. Ondergrond data meer en sneller delen via een centrale partij

Door het werven en delen van ondergrondse data structureel te borgen wordt de kans op tegenvallende projecten verlaagd. Op dit moment moeten operators van aardwarmte doubletten onderzoeks-, productie- en injectiegegevens aan TNO-AGE leveren. Om de onzekerheid over de ondergrond te reduceren zal de sector sneller en meer data delen via een datamanagementsysteem dat aansluit bij de behoeften van verschillende aardwarmte spelers:

- De termijn voor het vrijgeven van onderzoeksgegevens wordt verkort van vijf jaar na de voltooiing van de acquisitie tot zes maanden hierna;
- EBN of TNO-AGE zal meer gedetailleerde productie- en injectiedata verzamelen voor toekomstige doubletten (zie Hoofdstuk 4C. *Veilige en effectieve operationele activiteiten voor details*). Deze data kunnen bijvoorbeeld worden gebruikt om productie te optimaliseren of om redenen voor downtime te analyseren en hiervan te leren. Hoe beter de prestaties van nog te realiseren doubletten op voorhand voorspeld kunnen worden, hoe minder onzeker de business case zal zijn.

2. Financiële risico's aardwarmte onderzoeken waartegen operators zich kunnen en/of moeten verzekeren en waar nodig hiervoor een fonds opzetten

Een deel van de financiële risico's die aardwarmte projecten met zich mee brengen kan worden gedekt met publieke en private verzekeringen. De drie grootste financiële risico's zijn:

- a. Risico op misboringen;
- b. Risico op technisch falen tijdens productiefase;
- c. Aansprakelijkheden van derden in exploratie of exploitatie.

Op dit moment bestaat de publieke RNEs als garantieregeling tegen het risico van misboringen. Hiermee kunnen operators zich verzekeren tegen een gerealiseerd vermogen dat lager uitvalt dan het

P90 verwachte vermogen voor de boring. De kennis (en de onzekerheid) van de ondergrond verschilt lokaal sterk. De verwachting is dat de kennis zal toenemen op het moment dat bepaalde plays verder worden ontwikkeld of witte vlekken in kaart worden gebracht. Omdat risico's verschillen is één regeling voor het risico op misboringen niet voldoende. In plaats hiervan zal gekeken worden naar de mogelijkheid om verschillende verzekeringen aan te bieden (segmentering RNES) waarbij de operator kan kiezen voor welke P-waarde en bijbehorend vermogen hij zich wil verzekeren. Daarnaast is het van belang te onderzoeken of verzekeringen voor risico op technisch falen tijdens de productiefase en aansprakelijkheden van derden in exploratie of exploitatie wenselijk zijn en hoe ze het best kunnen worden georganiseerd (bijvoorbeeld vanuit de overheid, de sector, door middel van een revolving fund of vanuit de markt georganiseerd).

3. Sub-plays gecoördineerd exploreren en exploiteren

Een gecoördineerde aanpak zorgt voor meer kennis van de karakteristieken van de lokale ondergrond en voor kostenreductie. Dit kan worden gedaan door met elkaar concurrerende operators. Een groot deel van de kostenreducties kunnen worden bereikt door het combineren van benodigde activiteiten, het optimaliseren van doublet- en installatie-specificaties en het standaardiseren van repetitieve activiteiten. Daarnaast is er een grotere kans op een succesvol project binnen een play waar al doubletten gerealiseerd zijn dan in een onbekende play door de grotere kennis van de ondergrond. Hoe groter de plays zijn, hoe groter de optimalisatie zal zijn. De eerste stap hierin is om een sub-play te selecteren dat op basis van technisch potentieel en voldoende bovengrondse warmtevraag. In het bijzonder de glastuinbouw in het Westland lijkt hier een geschikte regio. Vervolgens zal een plan voor portfolio ontwikkeling moeten worden gemaakt waarbij er verschillende opties voor de coördinatie zijn:

- a) Een aanbestedingstraject (mogelijk met een aantal scenario's) dat zorgt voor marktordening, tendering en innovatie en aansluit op wet- en regelgeving (zie Figuur 20 voor vergelijking met opschaling in wind op zee)
- b) Grote operators die zich verder ontwikkelen of toetreden om een portfolio te realiseren met daarin een groot aandeel doubletten
- c) Een centrale partij die de ontwikkeling van portfolio's (door meerdere operators) coördineert
- d) Meerdere operators die nauw samenwerken om gezamenlijk een portfolio te ontwikkelen

Afhankelijk van de wettelijke mogelijkheden, het niveau van deelname en het aantal projecten waarin EBN participeert, zou EBN een invulling kunnen geven aan rol "c". Hiervoor zal EBN bijvoorbeeld participeren in alle projecten binnen de gekozen sub-play zodat zoveel mogelijk opgedane kennis via EBN gedeeld kan worden (*zie Hoofdstuk 4C. Veilige en effectieve operationele activiteiten voor details*) en het ontwerp en de locatie van nieuwe doubletten centraal gecoördineerd kan worden. Als deze rol er niet of in aangepast vorm komt dan wordt bekeken hoe operators ondersteund kunnen worden om een andere optie uit te voeren.

4. Financieel draagvlak operators verhogen

Operators hebben voldoende financiële draagkracht en dus eigen vermogen nodig voor ongeplande gebeurtenissen gedurende de gehele levenscyclus van een project. In de gewijzigde mijnbouwwet zal de draagkracht van operators daarom op meerdere momenten getoetst worden. Dit is bijvoorbeeld ook van belang om het opruimen van de doubletten te borgen. Operators kunnen de benodigde draagkracht realiseren en blijven garanderen indien hun projecten voldoende winstgevend zijn. Consolidatie van bedrijven zou hierin ook kunnen bijdragen. Een optie is ook het eigen vermogen van een operators aan te vullen via een joint venture met geïnvesteerde vermogen van EBN door middel van een participatie. Voor toekomstige bedrijven is dit eenvoudiger in te vullen dan voor bestaande operators.

5. Verdere kostenreductie door onder andere asset management en innovatie

Dankzij onderzoek en kennisdeling binnen DAGO naar onderhoudskosten en optimalisatie van systemen, kunnen operators een betere inschatting maken van de werkzaamheden en bijbehorende kosten tijdens de levensduur van het systeem. Deze benchmark wordt door de toename van het aantal gerealiseerde projecten gaandeweg breder en kan leiden tot verdere verbeteringen in het asset management. Dit wordt verder beschreven in hoofdstuk C. Daarnaast kunnen kosten gereduceerd worden met gerichte innovatie, bijvoorbeeld op het gebied van het ontwikkelen van materialen met een langere levensduur of het verbeteren van ESPs (elektrische pompen) (zie Hoofdstuk 4E. Innovatie).

Figuur 20: Vergelijking van wind op zee en aardwarmte

Mogelijk gemaakt door gericht overheidsbeleid

	Wind op zee	Aardwarmte
Vooronderzoek	<ul style="list-style-type: none"> Benodigde fysieke gegevens (wind, golven, bodem) zijn onderdeel van tendersysteem 	<ul style="list-style-type: none"> Verwerven en delen van (betere) seismische data (bijv. GTI "witte vlekken" onderzoek)
Beleidsdoelstellingen	<ul style="list-style-type: none"> Meetbare doelstelling (4450 MW in 2023) staat in het Energieakkoord voor duurzame groei 	<ul style="list-style-type: none"> Geen harde beleidsdoelstelling specifiek voor (aard-)warmte, en niet 'vertaald' naar wijken/gebieden
Wetgeving en vergunningen	<ul style="list-style-type: none"> Benodigde vergunningen zijn voorbereid en onderdeel van tendersysteem op basis van centraal aangewezen locaties 	<ul style="list-style-type: none"> Vergunningen uitgegeven op aanvraag van operators voor individuele projecten Bestaande Mijnbouwwet niet toegespitst op (grootschalige, portfolio) aardwarmte en tendering Lokaal overleg met decentrale overheden en omwonende burgers noodzakelijk
Infrastructuur	<ul style="list-style-type: none"> TenneT heeft wettelijke taak om netbeheerder op zee te zijn en windparken aan te sluiten Kosten voor aansluiting gesocialiseerd 	<ul style="list-style-type: none"> Onvoldoende bestaande warmtenetwerken (~25 PJ in gebouwde omgeving) Eigenaarschap en financiering projectspecifiek/niet uniform (hoge transactiekosten)
Vraag/ afzet	<ul style="list-style-type: none"> Subsidie via SDE Uniform product, met vraag en prijsmechanisme bekend 	<ul style="list-style-type: none"> Subsidie via SDE Niet-uniform product, afzet lokaal bepaald Vraag afhankelijk van ruimtelijke ordening Prijsmechanisme in ontwikkeling
Aanbod	<ul style="list-style-type: none"> Wind data zijn bekend en stabiel 	<ul style="list-style-type: none"> Bestaande geologische (ondergrond) risico's, die verlagen naar mate aantal projecten groeit Lokaal opslag en back-up vereist
Operators	<ul style="list-style-type: none"> Consortia van partijen met veel ervaring en kapitaal (bijv. Shell, Van Oord, Eneco) 	<ul style="list-style-type: none"> Geen grootschalige partijen toegetreden Huidige aanbieders hebben 1-2 doubletten ervaring en relatief laag eigen vermogen

iii. Wat de sector nodig heeft

De rol van de overheid in de opschaling van aardwarmte is momenteel veel kleiner dan bijvoorbeeld bij de opschaling van wind op zee, waar naast subsidies bijvoorbeeld ook infrastructuur kosten gesocialiseerd worden en benodigde vergunningen onderdeel zijn van het tenderproces (zie Figuur 20 voor een uitgebreidere vergelijking). Het is van belang om ook in de opschaling van aardwarmte na te denken over de rol die de overheid kan en wel spelen. Er zijn drie randvoorwaarden die de sector in elk geval nodig heeft voor rendabele projecten:

1. In kaart brengen van de witte vlekken

De onzekerheid van de ondergrond wordt verminderd door het in kaart brengen van de "witte vlekken", gebieden waar het technisch potentieel onvoldoende bekend is. Dit onderzoek wordt al uitgevoerd door EBN en TNO en wordt bekostigd door EZK. Hierbij is het van belang dat de te onderzoeken witte vlekken worden geprioriteerd aan de hand van de bovengrondse warmtevraag en het aantal plays dat zich in de ondergrond bevindt om zo de maximale kans op technisch en economisch potentieel te vinden. Daarnaast moeten tussentijdse en finale resultaten van dit onderzoek zo snel mogelijk openbaar worden en gemakkelijk in te zien zijn op een centrale locatie (ThermoGIS van TNO) voor alle belanghebbenden en potentiële operators. Tegelijkertijd met het verder in kaart brengen van de ondergrond kan worden geëvalueerd of de bestaande RNEs-regeling gesegmenteerd moet worden om beter aan te sluiten bij de verschillen in ondergrondse onzekerheid tussen locaties.

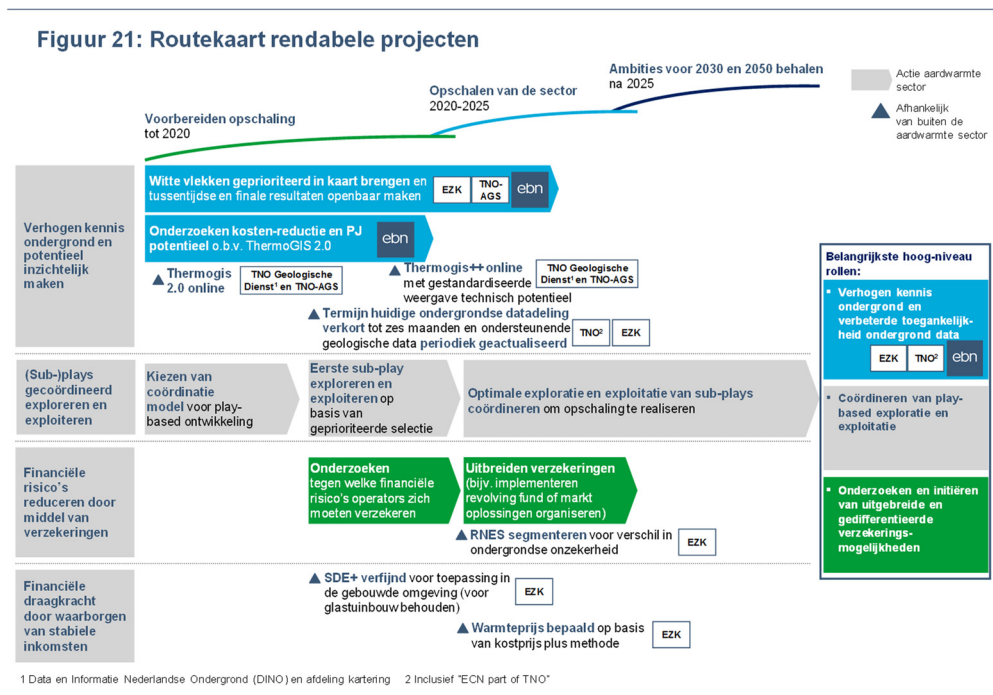
2. Een helder en voorspelbaar lange termijn energiebeleid inclusief afspraken over CO₂-prijzen en subsidies

Het Klimaat- en Energieakkoord kan bijdragen aan een meer stabiel en helder energiebeleid. De aardwarmte sector heeft behoefte aan stabiele beleidsdoelstellingen voor CO₂-reductie per eindgebruiker en een bijbehorende CO₂-prijs en/of subsidies op duurzame bronnen die verduurzaming structureel zullen stimuleren. Voor dit laatste is het van belang de SDE+ subsidie aan te passen voor aardwarmte specifiek in de gebouwde omgeving, omdat in dit segment de business case het meest onzeker is en de warmtevraag het grootst. Bovendien is de gebouwde omgeving voor aardwarmte complexer dan glastuinbouw om in te ontwikkelen, vanwege de benodigde warmtenetten, een lagere hoeveelheid draaiuren, mogelijkheden tot uitkoeling en de aansluiting met de warmtewet. De aangepaste SDE+ moet inspelen op een model waarin de afzet gaandeweg groeit en de retourtemperatuur gaandeweg verlaagd wordt, bijvoorbeeld door middel van een glijdende schaal in de subsidie.

3. Een warmteprijs bepaald op basis van een kostprijs-plus methode

Het zou in het voordeel zijn van alle duurzame warmtebronnen zijn als er niet langer sprake is van het niet-meer-dan-anders principe zoals in de huidige warmtewet. Eindgebruikers zouden een prijs moeten betalen die gebaseerd is op de kosten van de warmteproductie plus een marge voor de leveranciers, in plaats van op de aardgasprijs. Om tot deze verbetering te komen dient besloten te worden of een (volledig) gereguleerde warmteprijs logisch is, of dat er steeds sprake dient te zijn van marktwerking. Duurzame warmtebronnen waaronder aardwarmte kunnen ook gefaciliteerd worden door inkomstencompensatie, omdat er (nog) geen alternatieven zijn die concurreren met aardgas.

iv. Routekaart



B. Passende wet- en regelgeving, toezicht en beleid

i. Omschrijving van doelen

De aardwarmtesector is nog jong en groeiend, waardoor er de komende jaren mogelijkheden zijn om wet- en regelgeving, toezicht en beleid beter af te stemmen op de ontwikkelingen in de aardwarmtesector. De aardwarmtesector wil daarvoor waar mogelijk toewerken naar drie doelen:

- **Passende wet- en regelgeving:**
 - Aanpassen van bestaande wet- en regelgeving aan de werkwijzen zoals die bij aardwarmteprojecten in de praktijk kunnen worden toegepast.
 - Ontwikkelen van industriestandaarden en werkplannen op basis van heldere en doelstellende wet- en regelgeving, toegespitst op de aardwarmtesector. Deze industriestandaarden geven de benodigde snelheid en flexibiliteit die nodig is om opschaling te faciliteren, omdat *best practices* en innovatie sneller kunnen worden ingevoerd door de sector. Deze benodigde snelheid en flexibiliteit ontbreken in een systeem van voorschrijvende wet- en regelgeving. Daarnaast kan toezichthouden aan de hand van een “best practice operator” leiden tot tweedeling binnen de sector.
 - Ontwikkelen van industriestandaarden en werkplannen op basis van heldere en doelstellende wet- en regelgeving, toegespitst op de aardwarmtesector. Deze industriestandaarden geven de benodigde snelheid en flexibiliteit die nodig is om opschaling te faciliteren, omdat *best practices* en innovatie sneller kunnen worden ingevoerd door de sector. De benodigde snelheid en flexibiliteit ontbreken in een systeem van voorschrijvende wet- en regelgeving. Daarnaast kan toezichthouden aan de hand van een “best practice operator” leiden tot tweedeling binnen de sector.
 - Snelle en transparante afhandeling van de benodigde vergunningen. In de komende jaren betekent dit onder andere dat alle partijen die een rol spelen bij de aanvraag, advies en goedkeuring van vergunningen de benodigde FTEs, kennis en middelen hebben.
 - Faciliteren van play-based portfolio benadering in wet- en regelgeving om de ambities voor 2030 en 2050 te kunnen realiseren. Bij het aanpassen van wet- en regelgeving zullen vereisten hiervoor meegenomen moeten worden, zoals de mogelijkheid voor het aanvragen van één vergunning voor meerdere doubletten binnen een gebied, het optimaliseren van verschillende vergunningsaanvragen voor dezelfde play en het versneld vrijgeven van vergunningen bij inactiviteit.
- **Passend beleid:** beleid dat de ontwikkeling van aardwarmte stimuleert.
 - Op centraal niveau: dit gebeurt al door onder andere het witte-vlekken-plan om de ondergrond in kaart te brengen en verschillende Green Deals. Daarnaast helpt een lange termijnvisie op subsidiering.
 - Op decentraal niveau: afweging van verschillende belangen, zoals interferentie tussen drinkwater en aardwarmte. Waar nodig optimalisatie en betere samenwerking tussen verschillende (duurzame) energiebronnen.
- **Passend toezicht:** transparante en duidelijk uitlegbare toetsingskaders en risicogericht toezicht, gebaseerd op een gedegen risicoanalyse.

ii. Wat de sector gaat doen

Om wet- en regelgeving, toezicht en beleid beter van toepassing te maken op de aardwarmtesector, gaan we de volgende twee acties ondernemen:

1) (Door-)ontwikkeling en implementatie van industriestandaarden en werkplannen

Het verder (door-)ontwikkelen van industriestandaarden en werkplannen geeft de aardwarmtesector de mogelijkheid om verschillende fases van een aardwarmteproject te standaardiseren, leidend tot een continue kwaliteitsverbetering bij aardwarmteprojecten en systematisch toezicht door toezichthouders. Hiervoor zullen verschillende type standaarden en werkplannen worden ontwikkeld, zowel praktisch (werkplannen, instructies) als meer specifiek en theoretisch (industriestandaarden) en overkoepelend (VG-zorgsysteem). Er zal vooral aandacht uitgaan naar het ontwikkelen en implementeren van industriestandaarden. Dit zijn vertalingen vanuit de sector van wet- en regelgeving zoals de Arbo- of Mijnbouwwet, op basis van analyses van risico's en beheersmaatregelen, naar bestaande normen waar de sector zich aan dient te houden. Figuur 22 licht toe hoe de verhouding tussen de wettelijke kaders en de invulling vanuit de sector werkt.



Om tot ontwikkeling van industriestandaarden en andere richtlijnen te komen, zal de aardwarmtesector de volgende stappen ondernemen:

- **Overeenstemming bereiken over de onderwerpen van de industriestandaarden met de toezichthouder** (bijvoorbeeld, risico- en beheersmaatregelen, sector-standaarden, werkplannen, ontwikkeling internationaal erkende normen als *ISO well integrity*).
- **De benodigde standaarden vervolgens prioriteren en ontwikkelen.**
- **De standaarden in verschillende fasen toetsen met EZK, ANVS, SodM en mogelijk andere bevoegde gezagen**, zodat toezicht wordt gehouden op basis van afgesproken normen en kaders geschetst in wet- en regelgeving, en deze ook eenduidig en publiekelijk bekend worden. Zie *iii. Wat de Sector nodig heeft* over de benodigde toetsingskaders
- **Genoemde richtlijnen implementeren door de operators.** Dit betekent zowel houden aan standaarden als actief rapporteren aan de toezichthouder dat wordt gehandeld conform de standaarden. Hierbij kan rekening gehouden worden met de (financiële en mankracht) capaciteiten van verschillende operators en onderscheid gemaakt worden tussen verschillende segmenten operators (zoals bestaande operators met één doublet, bestaande operators met meerdere doubletten en nieuwe operators). Hier zal verder invulling aan gegeven worden door DAGO.

- **Standaarden continu door-ontwikkelen op basis van gedeelde inzichten en kennis vanuit de sector.** Er zullen nieuwe type projecten ontstaan, waar mogelijk nieuwe wettelijke kaders voor bepaald zullen moeten worden. Om de inzichten vanuit *best practices* en innovatie optimaal te benutten is het belangrijk dat ontwikkelingen in industriestandaarden en werkplannen parallel lopen met ontwikkelingen binnen de sector. Om hiervoor zorgen zal de sector:
 - De meer gestructureerde terugkoppelingsmomenten, die DAGO zal opzetten met een brede groep belanghebbenden, benutten om aan te sluiten bij relevante ontwikkelingen in de sector (zie Hoofdstuk 4C).
 - Via DAGO een structureel overleg tussen operators en toezichthouders initiëren.

Bij alle bovenstaande stappen is het van belang dat in de ontwikkeling en implementatie van (hogere) industriestandaarden continu rekening houden met de huidige operators. Hiervoor valt bijvoorbeeld te denken aan een tijdelijk beleidskader en/of 'overgangsstandaarden'.

2) Samenwerken met onder andere het ministerie van EZK, ANVS, SodM en andere bevoegde gezagen om zowel snelle en transparante afhandeling van vergunningsaanvragen en benodigde aanpassingen in wet- en regelgeving te faciliteren

De sector wil graag in overleg gaan over het aanpassen van de huidige wet- en regelgeving en het versnellen van vergunningsaanvragen door middel van:

- Het initiatief nemen om met een overzicht te komen van knelpunten in de huidige wet- en regelgeving en voorstellen tot het oplossen van deze knelpunten. Hier zal bijvoorbeeld een voorstel gedaan worden om de play-based portfolio benadering door middel van wijzigingen in wet- en regelgeving te kunnen faciliteren. DAGO heeft de centrale rol om met EZK contact te hebben over operationeel beleid en wet- en regelgeving, op basis van hun rol in het ontwikkelen en implementeren van industriestandaarden.
- Vanuit de sector de dialoog voortzetten met ANVS over doelmatige uitvoering van de Euratom in het nieuwe Besluit Basisveiligheidsnormen Stralingsbescherming, zienswijzen van grenswaardes voor bepaalde stoffen en de ontwikkeling van een aardwarmte arrangement dat doelmatige risicobeheersing binnen de kernenergiewetgeving mogelijk houdt.
- Advies geven aan decentrale overheden over vergunningen, bijvoorbeeld door samen met de bevoegde gezagen afwegingskaders voor decentrale overheden voor te stellen, op basis waarvan deze overheden gemakkelijker en eenduidig hun adviesrol kunnen vervullen. Dit betekent bijvoorbeeld het ontwikkelen van criteria en bandbreedtes die gemeentes kunnen gebruiken om een vergunningsaanvraag te toetsen. Het streven naar een AMvB voor aardwarmte installaties kan hieraan bijdragen.
- Ervoor zorgen dat de vergunningsaanvragen die worden ingediend van voldoende kwaliteit zijn om snel afgehandeld te worden. Meer kennis en hulp vanuit de sector bij het aanvragen van vergunningen zorgt er niet alleen voor dat deze sneller afgehandeld kunnen worden, maar ook dat EZK en SodM minder vragen over vergunningen krijgen. Het verbeteren en standaardiseren van vergunningsaanvragen is onderdeel van industriestandaarden en werkplannen en vereist bijvoorbeeld de hierboven omschreven gestandaardiseerde rapportage-vereisten en ondersteuning van operators en toekomstige operators om deze op de juiste manier in te vullen. Deze rol zal door DAGO worden vervuld.
- Het onderzoeken van verbeterde mogelijkheden voor eenmalige afvoer van testwater voor nieuwe aardwarmte-dubletten. De huidige mogelijkheden zijn beperkt en in de gebouwde

omgeving is hinder van testwateropslag en transport. Verbetering vraagt om maatwerk met alle betrokken instanties.

iii. Wat de sector nodig heeft

Voor het verbeteren van industriestandaarden en werkplannen en het versnellen en transparanter maken van het afhandelen van vergunningsaanvragen zijn drie belangrijke acties nodig van buiten de sector:

1) Gecoördineerde afstemming en optimalisatie tussen verschillende overheden in ruimtelijk en milieubeleid

Verschillende overheden werken op dit moment aan ruimtelijk en milieubeleid en de sector heeft baat bij een meer gecoördineerde afstemming hierin. Energiebeleid grijpt in op ruimtelijke ordening en de Rijksoverheid en de decentrale overheden (gemeente, provincie, Waterschappen) hebben allemaal een rol. Bij deze coördinatie in het van belang dat:

- Verschillende overheden goed samenwerken om nationaal, regionaal en lokaal beleid op elkaar af te stemmen. Beleid mag elkaar niet tegenspreken en de juiste belanghebbenden moeten betrokken zijn in het ontwikkelen van dit beleid. Samenwerking bij het ontwikkelen van ruimtelijke ordening en consultatie van alle belanghebbenden is van groot belang. Overheden bereiken overeenstemming over optimaal gebruik van de ondergrond. Dit houdt ook in dat aardwarmteprojecten op de juiste manier op elkaar zijn afgestemd en dat de ondergrond niet uitgeput wordt, maar optimaal gebruikt kan worden, waarvoor bijvoorbeeld doorontwikkeling van ThermoGIS gewenst is.
- Overleg bij conflicterend beleid of conflicterende visies op beleid is nodig om een goede afweging tussen lokale, regionale en nationale belangen te maken.
- In de toekomst de verschillende adviesrollen bij vergunningsaanvragen verder worden geoptimaliseerd. Hierbij is het voornamelijk van belang dat de verschillende adviseurs duidelijk weten waar ze precies over moeten adviseren en wat daarbij de toetsingscriteria zijn.
- Waar mogelijk potentie in de ondergrond actief benut wordt door bijvoorbeeld bestemmingsplannen zo in te richten dat glastuinbouw of industrie met een warmtevraag zich gemakkelijk kunnen ontwikkelen in de buurt van aantrekkelijke aquifers/(sub)plays.

De sector zal zelf ook een bijdrage kunnen leveren aan coördinatie tussen de verschillende overheden, zoals door middel van gezamenlijk onderzoek ('joint fact finding'). Samenwerking tussen markt, (decentrale) overheden en drinkwaterbedrijven in aardwarmteprojecten en onderzoek zal bijdragen aan transparantie over voordelen en risico's van aardwarmte. Ook zal de sector periodiek overleg initiëren met drinkwaterbedrijven, provincies en gemeenten.

2) Aanpassen van wet- en regelgeving en vergunningsmodel aan de aardwarmte-sector

EZK past momenteel wet- en regelgeving aan om deze toe te spitsen op de aardwarmtesector. In deze innovatieve sector is de meerderheid van wet- en regelgeving nog in ontwikkeling of nog gebaseerd op koolwaterstoffen (olie en aardgas) en daarmee niet altijd passend voor de aardwarmtesector. De benodigde veranderingen omvatten meerdere soorten wet- en regelgeving, waaronder:

- **Mijnbouwwet, -besluit en -regeling aanpassen.** Het traject hiervoor is inmiddels al opgestart en de vernieuwde Mijnbouwwet zal in het voorjaar van 2018 worden geconsulteerd. EZK heeft aangegeven hier in ieder geval een procedurele aanpassing te maken die ervoor zorgt dat er maar één instemmingsbesluit nodig is voor alle belangrijke fases van een project, in plaats van een opsporingsvergunning, een winningsvergunning én een winningsplan. Het is ook van belang om de volgende wijzigingen door te voeren:

- Mogelijkheid tot play-based portfolio benadering faciliteren om optimaal gebruik van de ondergrond te faciliteren, door vergunningen van toepassing te maken op meerdere doubletten, door een grotere geografische (bovengrondse) en gelaagde (ondergrondse) spreiding zonder andere projecten te dwarsbomen en door een perspectief te bieden op hoe om te gaan met ongebruikte vergunningen. Eventuele innovatievere vergunningsmodellen, zoals via tendering en de mogelijkheid tot inschrijvingen voor vergunningen, zijn ook mogelijk (zie ook de vergelijking met vergunningsmodellen voor wind op zee, Figuur 20)
 - In het Mijnbouwbesluit specifieke beschrijving geven voor inhoud en toetsingscriteria van in te dienen plannen;
 - Toespitsing van Mijnbouwregeling voor waterputten die niet zelfstromend zijn en die een aardwarmte-specifiek putontwerp hebben
- **Warmtewet aanpassen** (zie Hoofdstuk 4A. Rendabele projecten).
 - **Aanpassen en toespitsen van verdere wet- en regelgeving die van toepassing is op aardwarmte en warmtenetten.** Wanneer aardwarmte meer gebruikt gaat worden in de gebouwde omgeving ontstaat er een afhankelijkheid met warmtenetten. Hier gelden dezelfde adviezen – noodzaak voor geschikte wetgeving (ook wat betreft de combinatie warmtenetwerk en aardwarmte), duidelijke toetsingskaders en effectief toezicht.
 - Wenselijkheid van het **coördineren met het Bouwbesluit** (specifiek rondom nodige energie labels) om te zorgen dat de ontwikkeling van de warmtevraag in de gebouwde omgeving aansluit aan het (mogelijke) aanbod.
 - Wenselijkheid van het **aanpassen van de kernenergiewet** voor operators van aardwarmte zal bepaald worden op basis van de dialoog met ANVS.

De sector zou graag op korte termijn de benodigde aanpassingen op het gebied van wet- en regelgeving doorgevoerd zien. Afhankelijk van de termijn die hiervoor benodigd is, is een tijdelijk beleidskader wenselijk. Dit geldt met name voor de Mijnbouwwet en de Kernenergiewet.

Om wijzigingen in wet- en regelgeving door te voeren maar ook vergunningen tijdig te kunnen behandelen, is er voldoende kennis en mankracht (FTE) bij verschillende overheden nodig. De benodigde kennis en mankracht per overheid is onder andere afhankelijk van de efficiëntie van samenwerking tussen verschillende overheden. De benodigde FTEs bij decentrale overheden (provincies, waterschappen, gemeentes) is onder andere afhankelijk van de toekomstige invulling van hun adviesrollen in vergunningsaanvragen.

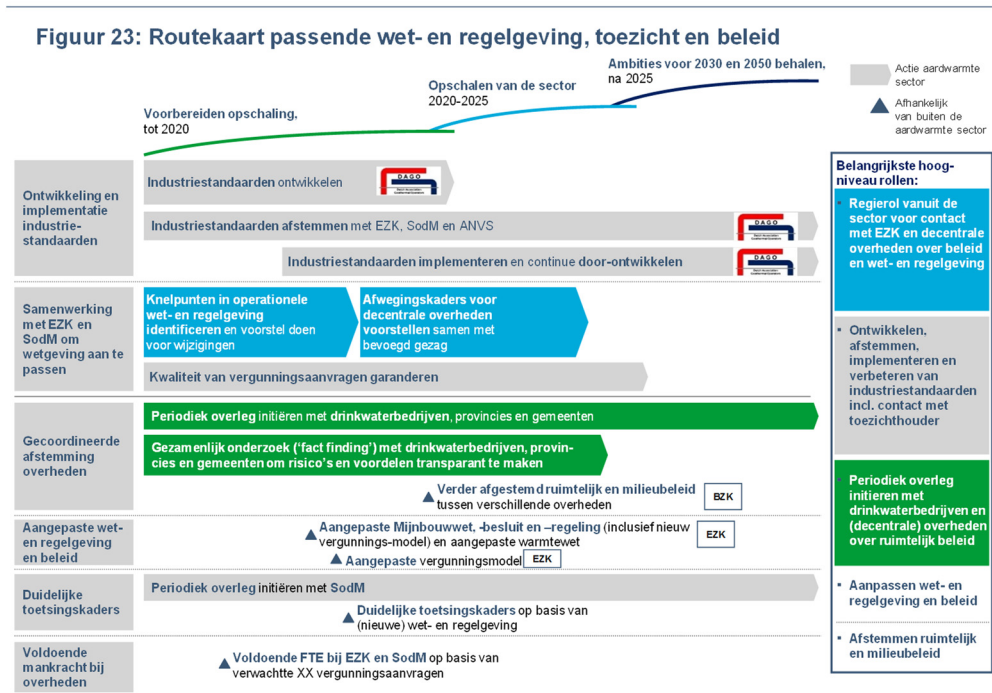
3) (Aangepaste) wet- en regelgeving vertalen naar duidelijke toetsingskaders, helder en passend beleid en transparant toezicht

Voor het invullen van industriestandaarden en werkplannen is het belangrijk om wet- en regelgeving te vertalen in heldere kaders en criteria. Daarbij is het van belang dat achterliggende beleids- en toezichtprocessen parallel en transparant getoetst dienen te worden door de verantwoordelijke overheden om onafhankelijkheid te garanderen. Tevens dienen wet- en regelgeving en de standaarden altijd in verhouding te staan met de daadwerkelijke risico's. Dit houdt bijvoorbeeld in dat SodM de wettelijke, beleids- en acceptatiekaders die EZK heeft geschetst, vertaalt naar gestandaardiseerde toetsingscriteria. Deze kaders en criteria geven houvast voor operators over hoe aan de wettelijke kaders voldaan moet worden. Als onderdeel van de vernieuwde Mijnbouwwet zal EBN heldere financiële toetsingscriteria voorstellen als onderdeel. EZK heeft voorgesteld EBN te laten adviseren bij een financiële toets voor aanvragers van een vergunning. Bij eventuele (verplichte) deelname van EBN

in aardwarmteprojecten zou op een andere manier invulling geven kunnen worden aan de advisering bij een financiële toets van operators.

Helder en passend beleid omvat onder andere een helder en vast lange termijn energiebeleid inclusief afspraken over CO₂-prijzen en subsidies (zie Hoofdstuk 4A. Rendabele projecten). Ook is het van belang dat EZK een dialoog initieert over een maatschappelijk aanvaardbaar risiconiveau.

iv. Routekaart



C. Veilige en effectieve operationele activiteiten

i. Toekomstbeeld voor opschaling van aardwarmte

De aardwarmtesector wil toewerken naar veiligere en tegelijkertijd effectievere operationele activiteiten. Dit omvat het voorkomen van incidenten en tegelijkertijd lagere exploitatiekosten, meer en duidelijkere investeringskeuzes en hogere productiviteit. Hiervoor is meer inzicht nodig in onder andere kosten over de gehele levenscyclus van een put, investeringen en efficiëntie, maar ook in hoe we veiligheid precies definiëren, hoe we de dialoog kunnen inrichten over wat een acceptabel veiligheidsniveau is en hoe we dat niveau kunnen bereiken. Dit is van toepassing op alle operationele activiteiten vanaf onderzoek in de vorm van seismisch onderzoek, tot aan het opruimen van een aardwarmteput.

Veiligheid betreft hier naast de gezondheid voor de medewerkers en omwonenden ook het milieu en ondergrond zoals het voorkomen van aardbeving en lekkages. De doelstellingen voor de komende jaren is om tot een breed gedragen begrip te komen over wat veilig en acceptabel is en dat de aardwarmtesector niet alleen een veilige sector is, maar ook zo wordt gepercipieerd.

Het verhogen van effectiviteit betreft onder andere investeringskeuzes en ontwerp van een aardwarmtedoublet, maar ook bijvoorbeeld het verlagen van kosten over de gehele levenscyclus. Het is mogelijk om de levensduur van aardwarmteputten te verlengen en kosten tijdens de exploitatie te verlagen, ofwel door geoptimaliseerd onderhoud, ofwel door minder niet-operationele tijd van putten. Ook de efficiëntie van (nieuw te bouwen) putten kan verhoogd worden. Daarnaast heeft het afstemmen en optimaliseren van de warmtevraag om de gewonnen warmte optimaal te benutten ook invloed op de efficiëntie. De doelen voor efficiëntie en investeringskeuzes gelden vooral voor de nieuwe doubletten die nog ontwikkeld gaan worden, aangezien deze niet met terugwerkende kracht voor de huidige doubletten kunnen gelden.

ii. Wat de sector gaat doen

De sector zal de komende jaren toewerken naar manieren om op continue basis verbeteringen door te voeren op het gebied van kosten, veiligheid en efficiëntie, over de gehele waardeketen en levenscyclus. De zorgen omtrent onder andere veiligheid zijn bekend, zoals bijvoorbeeld beschreven in de Staat van de Sector. In deze publicatie concludeerde toezichthouder SodM in 2017 dat de relatief jonge en kleine aardwarmtesector moeite heeft om deskundigheid en ervaring te mobiliseren, toe te passen en te borgen voor volgende projecten. Ook benoemde SodM dat een veilige winning van aardwarmte een voorwaarde voor succes is, maar dat focus op kosten invloed heeft op veiligheidscultuur, en de herkenning en beheersing van veiligheid- en milieurisico's. Deze en andere zorgen over veiligheid zullen de komende jaren op continue basis geadresseerd worden. Er lopen initiatieven om risico's beter in kaart te brengen en te mitigeren, zoals bijvoorbeeld toetreding tot technisch platform aardbevingen (TPA) om continu te leren over seismiciteit. Hiervoor zijn vooral het verzamelen en analyseren van data en delen van inzichten op basis van deze data van groot belang. De sector maakt hierin onderscheid tussen drie belangrijke acties:

1) **Verzamelen, analyseren en delen van inzichten en 'lessons learned' om de veiligheid van de sector te verbeteren, altijd conform wet- en regelgeving te werken en het risicobesef van operators te vergroten**

Het verzamelen, analyseren en delen van sector-brede kennis en ervaring over veiligheid is van groot belang bij het opschalen van de aardwarmtesector. Op basis van deze kennis en ervaring kunnen bijvoorbeeld industriestandaarden en werkplannen worden verbeterd, maar ook individuele operators geholpen worden om conform wet- en regelgeving te werken. Hiervoor zal de sector zich inzetten voor:

- **Versterken van veiligheidscultuur, gedrag en naleving van wet- en regelgeving.** De aardwarmtesector kampt met de perceptie dat er niet altijd veilig en conform wet- en regelgeving wordt gewerkt, ondanks het feit dat er geen ernstige incidenten hebben

plaatsgevonden. In *De Staat van de Sector Geothermie* benoemt toezichthouder SodM aspecten van naleving van wet- en regelgeving en veiligheid waarop de aardwarmtesector zich moet verbeteren. Hiervoor zijn gedeeltelijk externe factoren aanwijsbaar, zoals wet- en regelgeving die niet is toegespitst op de aardwarmtesector en het ontbreken van definities voor een acceptabel veiligheidsniveau. Maar dit verklaart niet alles: de aardwarmtesector zal ook de komende jaren de in gang gezette verbeteringen op het gebied van veiligheidscultuur, gedrag en naleving van wet- en regelgeving moeten voortzetten.

DAGO zal hiervoor in het kader van de Green Deal participatie een gedragscode ontwikkelen en dit proces zal het besef bij operators over veiligheid en risico's verder verhogen (zie *Hoofdstuk D. Robuust maatschappelijk draagvlak*). Operators hebben daarnaast een prikkel om aan wet- en regelgeving te voldoen, onder andere om geen maatregelen opgelegd te krijgen vanuit SodM. Door middel van het hieronder genoemde kennismanagementsysteem kunnen operators hun inzichten over veiligheid en risico's delen en hun operationele activiteiten verder verbeteren zoals de toezichthouder en wetgever van hen verlangen.

- **Door-ontwikkelen van kennismanagementsysteem om sector-brede inzichten over veiligheid te verzamelen:** DAGO heeft voor geleerde lessen en sector-brede inzichten onder andere een online platform (sharepoint) opgezet en houdt frequente evaluatiebijeenkomsten tussen operators, waarop voortgebouwd kan worden. Ook heeft DAGO bijvoorbeeld een standaard VG-zorgsysteem ontwikkeld²⁰. Het kennismanagementsysteem zou een nadere invulling kunnen geven aan het delen van kennis en inzichten over veiligheid. Dit kan worden gedaan bijvoorbeeld door na verschillende fases in een project (bijvoorbeeld na het boortraject, na het bouwen van de bovengrondse installatie) evaluatiesessies op te zetten waar operators en andere belanghebbenden zoals lokale overheden, adviseurs en toeleveranciers gevraagd worden om aan te sluiten. Ook tijdens de exploitatiefase is initiatief van de operators in een continu verbeterproces zoals een PDCA-cyclus ('plan-do-check-act' verbetercyclus) altijd wenselijk, bijvoorbeeld door twee keer per jaar met betrokkenen terug te blikken op de geleerde lessen en vooruit te kijken naar komende periode. DAGO's online platform kan verder worden verbeterd om makkelijker 'lessons learned' over veiligheid te delen (zoals de drilling hazards database).
- **Analyseren van sector-brede inzichten:** DAGO zal de geleerde lessen verder analyseren en op basis hiervan de industriestandaarden ontwikkelen, in onderlinge samenwerking met operators (zie *Hoofdstuk 4B. Passende wet- en regelgeving, toezicht en beleid*).
- **Inzichten over veiligheid uitdragen en delen met derden:** Naast directbetrokkenen is het ook van belang om kennis en inzichten over veiligheid te delen met andere belanghebbenden. Hierbij valt te denken aan:
 - Voorlichting, bijvoorbeeld door het opzetten van verschillende trainingen voor operators, adviseurs, toeleveranciers en overheden. Met een gedeeld begrip van vooral risico's en veiligheid zal communicatie tussen operators en bijvoorbeeld overheden verbeteren. Ook toeleveranciers en adviseurs dragen bij aan veilige en effectieve operationele activiteiten, en moeten daarom kennis hebben van de laatste inzichten op dit gebied;
 - Bredere dialoog en transparantie met samenleving over veiligheid en acceptatie van risico's op basis van ontwikkelde kennis en inzichten. Hier zal verder op in worden gegaan in *D. Maatschappelijk draagvlak*;
 - Bovengenoemde sectorstandaarden door-ontwikkelen, delen en implementeren.

²⁰ Binnen het project Kennismedewerker 2014-2017

Veiligheid is natuurlijk ook van belang bij aanleg, gebruik en onderhoud van warmtenetten. Soortgelijke manier van verzamelen, analyseren en delen van inzichten rondom veiligheid is ook van belang voor warmtenetten.

2) Opzetten van een datamanagementsysteem om verschillende soorten data te verzamelen en analyseren en inzichten hieruit delen om individuele doubletten te optimaliseren wat betreft kosten en efficiëntie, zonder competitieve voordelen te belemmeren

Naast sector brede kennis en inzichten over veiligheid zijn operators ook eigenaar van andere data die verzameld kunnen worden over bijvoorbeeld de ondergrond, injectie en productie. Figuur 24 geeft een overzicht van een aantal belangrijke typen data met voorbeelden van huidige en toekomstige toepassingen.

Figuur 24: Voorbeelden van soorten data en hun toepassingen

EERSTE AANZET

● Niet gevoelig ● Enigszins gevoelig ● Gevoelig

Type data	Huidige verzameling en deling	Mogelijke toekomstige deling	Gevoeligheid van data
▪ Seismische data (ruwe data, eerste bewerking, herbewerking)	▪ Seismische data na 5 jaar (ruwe data, eerste bewerking) of 10 jaar (herbewerking) publiekelijk toegankelijk	Seismische data, zowel vanuit aardwarmtesector als vanuit olie- en gas, centraal beschikbaar maken	●
▪ Warmtevraag	▪ CBS publiceert totale warmtevraag per eindgebruiker; RVO publiceert Warmteatlas op wijkniveau	Warmtevraag openbaar beschikbaar met meer detail (bijv. op wijkniveau, weggezet in de tijd)	●
▪ Vergunningsaanvragen	▪ Beschikbaar via NLOG	Openbaar platform waar vergunningen inzichtelijk zijn	●
▪ Ondergrond data verkregen d.m.v. (proef)boringen	▪ Nauwkeurige data beschikbaar via TNO (AGE) en na 5 jaar openbaar, niet-gedetailleerde data in NLOG	De door de boringen verkregen data wordt na zes maanden gedeeld door de betrokken partijen	●
▪ Data over ontwerp (van put, van bovengrondse installatie)	▪ Putontwerp confidentiële data (bij SodM) als onderdeel van werkplan	Idealiter initiële ontwerp en aanpassingen gemakkelijker en centraal beschikbaar maken	●
▪ Inzichten over realisatie van een put	▪ Dagelijkse boorrapporten met inzichten over boorproces gedeeld met SodM en TNO-AGE, maar blijven confidentieel ▪ DAGO's sharepoint bevat lessons learnt	Verder gestandaardiseerde en gecentraliseerde verzameling van inzichten	●
▪ Data en innovatie vanuit andere industrieën	▪ -	Bijvoorbeeld: NOGEPA stelt opgedane kennis over exploratie en exploitatie beschikbaar aan DAGO	●
▪ Productiedata	▪ Hoeveelheid gewonnen aardwarmte maandelijks verstrekt aan TNO	Gedetailleerde data gebruiken om kosten, veiligheid, putontwerp en efficiëntie te optimaliseren, bijvoorbeeld door middel van kennis en datamanagementsysteem	●
▪ Geofysisch onderzoek ▪ Geochemisch onderzoek ▪ Geologisch onderzoek ▪ Boorgatmetingen ▪ Productie- en injectietesten ▪ Gesteentemonsters	▪ Eénmalig gedeeld met TNO		
▪ Andere (operationele) data, zoals: – Injectiedata – Onderhoudsdata – Brede operationele data (FTE, kosten) – Incidenten en risico's	▪ Data bekend bij operator, maar niet gedeeld		

Onder bepaalde randvoorwaarden kunnen deze data gebruikt worden om doorlopend verbeteringen te bereiken op het gebied van verhoging van effectiviteit, kostenreducering en assetmanagement. Dit is noodzakelijk om de opschaling van de aardwarmtesector tot 2030 en 2050 te kunnen realiseren. De sector zal verder onderzoek naar randvoorwaarden om data te verzamelen, analyseren en delen uitvoeren, en deze randvoorwaarden zijn onder andere:

- De eigenaar van de data heeft een duidelijke prikkel om bepaalde data te delen (bijv. de direct toepasbare inzichten die de eigenaar terugkrijgt voor het delen van de data);
- Vertrouwelijkheid van data wordt gewaarborgd en eigenaarschap wordt erkend (bijv. er zijn duidelijk afspraken over wie toegang heeft tot welke data);
- Competitieve voordelen tussen operators worden niet belemmerd;
- Het verzamelen van data is uitvoerbaar voor de eigenaar van de data (bijv. het kost niet te veel tijd);
- De afgesproken typen data worden voor de afgesproken doeleinden verzameld, en op een consistente manier om zeker te zijn van eerlijke vergelijkingen tussen meerdere databronnen;

- Analyses op basis van data worden op een consistente en transparante manier uitgevoerd;
- Er zijn duidelijke afspraken over met wie de inzichten op basis van deze analyses worden gedeeld.

Om continu verbeteringen op basis van data te realiseren, onder bovengenoemde voorwaarden, is het opzetten van een datamanagementsysteem van belang. Dit datamanagementsysteem zal bestaan uit twee onderdelen. Het eerste onderdeel is een data-infrastructuur die zorgt voor het gemakkelijk delen en analyseren van data, en kan toegang tot data en inzichten vormgeven. Het tweede onderdeel is een samenwerkingsmodel dat de set aan afspraken definieert over wie welke data deelt, analyseert en wie de inzichten hieruit mag inzien.

De beste optie om op korte termijn te voldoen aan bovenstaande randvoorwaarden en om continu verbeteringen op efficiëntie en kosten te bereiken, is om één partij het initiatief en de verantwoordelijkheid te laten nemen voor het waarborgen van al deze randvoorwaarden. Deze partij zal dan een data-infrastructuur en samenwerkingsmodel kunnen initiëren, op basis van data inzichten kunnen genereren en kunnen delen met de eigenaars van de data, om hun kosten te verlagen en efficiëntie te verhogen. Mogelijke andere modellen, zoals participatie van operators in elkaars projecten, waarborgen bijvoorbeeld niet dat analyses op een consistente manier worden uitgevoerd. Toch zal er op de lange termijn onderzoek uitgevoerd kunnen worden naar eventuele alternatieven voor de beschreven centrale manier van het opzetten van een datamanagementsysteem.

Afhankelijk van de wettelijke mogelijkheden en het niveau van deelname en het aantal projecten waarin EBN participeert, zou er een (wettelijke) prikkel bij operators kunnen worden gecreëerd om vanuit operators verschillende soorten data te delen. Deze data zouden kunnen worden geanalyseerd en vervolgens de basis kunnen vormen voor doublet-specifieke aanbevelingen op het gebied van kosten, investeringen, effectiviteit en veiligheid. Deze deelname zal niet met terugwerkende kracht voor huidige doubletten gelden en de rol van de huidige operators in het delen van data en inzichten zal daarom verder uitgewerkt worden.

3) Brede kennisdeling vanuit buitenland, innovatie en andere industrieën opzetten.

Naast intensievere datacollectie binnen de sector, zal ook op expertise vanuit olie en gas, innovatie en het buitenland worden ingezet. Hiermee kan data van de Nederlandse activiteiten vergeleken worden en kan er inspiratie worden opgedaan voor toekomstige operationele keuzes. EBN zal hierin het voortouw nemen, gegeven haar ervaring in de olie- en gassector. EBN zal hierin samenwerken met DAGO en de inzichten vanuit andere sectoren, innovatie en het buitenland delen met DAGO, die verantwoordelijk zal zijn voor het delen van sector-brede inzichten met operators en toekomstige operators.

iii. Wat de sector nodig heeft

Om veiligere en effectievere operationele activiteiten in de toekomst te faciliteren, heeft de sector het volgende nodig:

1) Definitie van veilige gebieden om te exploiteren op basis heldere criteria

Het verbeteren van veiligheid binnen de aardwarmtesector is niet alleen afhankelijk van de aardwarmtesector zelf, maar ook van een betere definitie van veilige gebieden om te exploiteren. Er zullen breed-gedragen criteria opgesteld moeten worden over welke gebieden wel en niet veilig zijn om met aardwarmte te exploiteren, gedeeltelijk op basis van bijvoorbeeld het lopende onderzoek om de ondergrond beter in beeld te brengen (*zie Hoofdstuk 3 Potentieel en onze ambitie*). Deze criteria zouden handvatten moeten bieden om aan te geven waar wel en niet veilige projecten gestart kunnen worden (bijv. afstand tot breuklijnen, afstand tot grondwatergebieden).

2) Optimalisatie van datalevering aan verschillende overheidsloketten

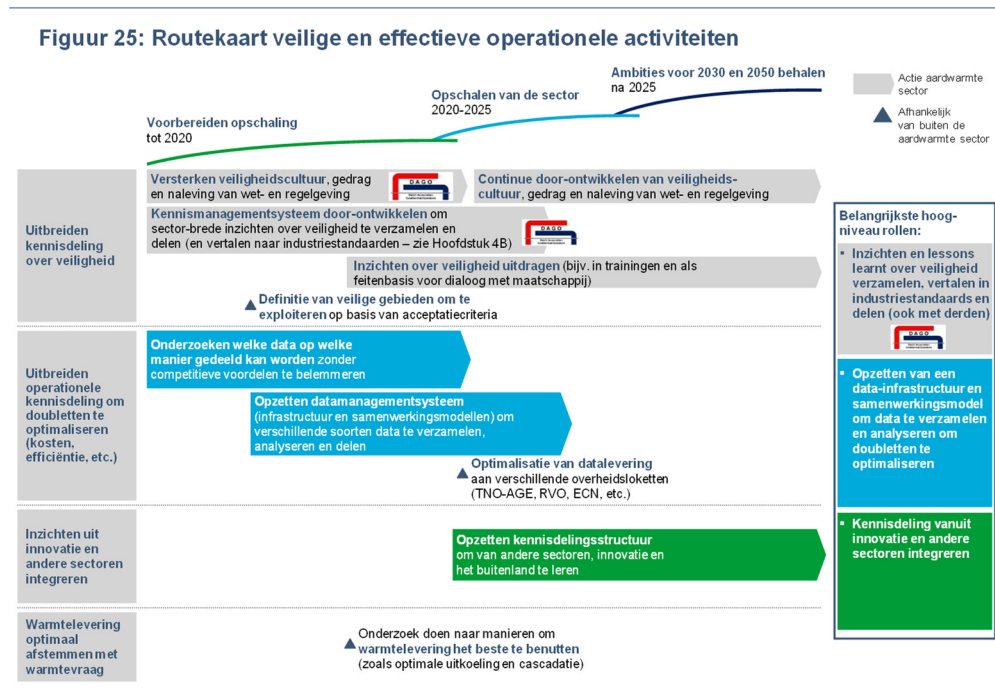
Het is noodzakelijk om de datalevering richting de verschillende overheidsloketten te optimaliseren, zodat operators efficiënter om kunnen gaan met verschillende informatie-uitvragen. Op dit moment moeten operators aan diverse overheidsloketten data aanleveren, bijvoorbeeld aan TNO-AGE in het kader van de Mijnbouwwet en aan RVO voor de SDE-subsidie, aan ECN, CertiQ en CBS. De datalevering die hiervoor vanuit operators benodigd is, kan verbeterd worden om de druk op operators te verminderen. Er valt te denken aan gestandaardiseerde formats voor het aanleveren van productiedata, maar op termijn ook een integratie met bovengenoemde data-infrastructuur. Verschillende overheden zouden binnen deze infrastructuur 'rechten' hebben met toegang tot bepaalde data.

3) Onderzoek en innovatie om efficiëntie te vergroten door warmtelevering optimaal te benutten

Het afstemmen en optimaliseren van de warmtevraag om de gewonnen warmte optimaal te benutten heeft ook invloed op de efficiëntie. Het optimaal afstemmen van de warmtelevering met de warmtevraag betekent dat injectiestroom wordt afgekoeld tot een optimaal punt en dat de 'delta' tussen injectie- en productietemperatuur maximaal is. Het benutten van de totale potentie van een aardwarmteput om een koude injectiestroom te verwarmen tot een warme productiestroom, zonder het reservoir hiermee te snel af te koelen, betekent namelijk het efficiënte gebruik van de aardwarmteput. Hiervoor is het belangrijk dat er voor de volledige warmteproductie ook daadwerkelijk een vraag is, en kan onder andere nagedacht worden over:

- Hoe kunnen lagere temperaturen worden benut?
- Hoe kan cascadering ingericht worden? (Zie ook Hoofdstuk 4E. Innovatie over deze onderwerpen)

iv. Routekaart



D. Robuust maatschappelijk draagvlak

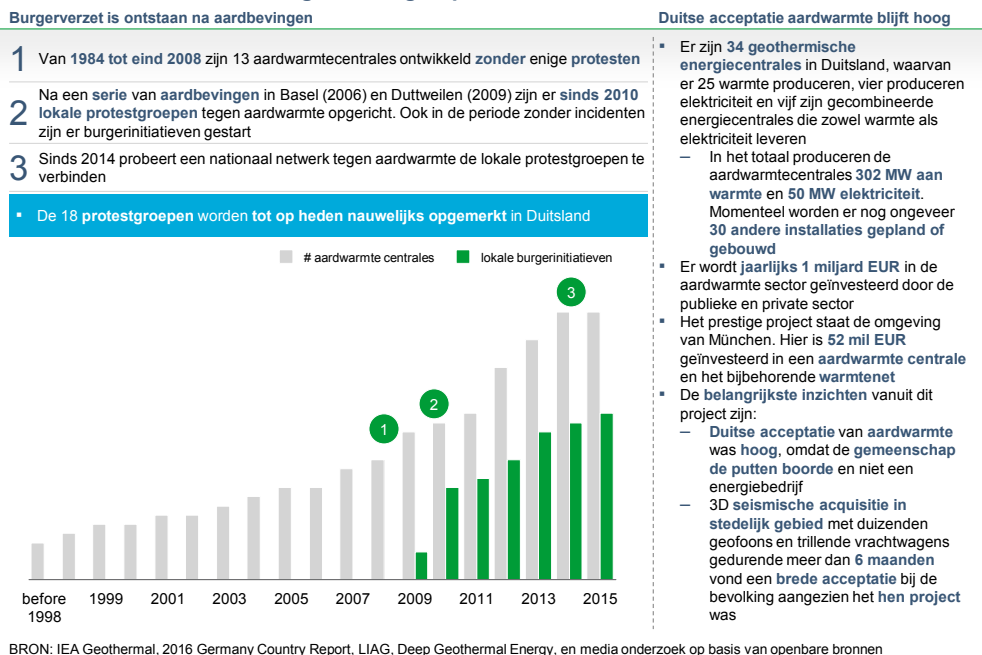
i. Toekomstbeeld voor opschaling van aardwarmte

Aardwarmte is op dit moment onder het bredere Nederlandse publiek nog relatief onbekend. De ambities voor 2030 en 2050 vereisen een dusdanige opschaling van het aantal aardwarmte-doublers, dat deze niet onopgemerkt zal blijven bij het bredere publiek en brede acceptatie essentieel is. De sector wil toewerken naar een toekomst waarin:

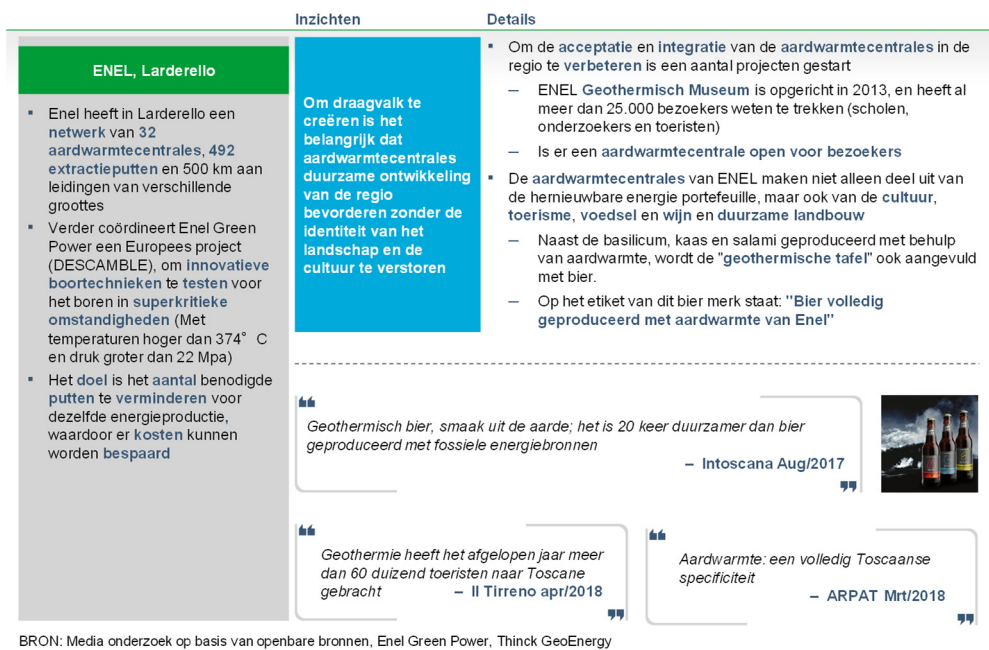
- Aardwarmte een bekende en gewaardeerde warmtebron is, zowel bij het bredere publiek als bij de markt en bij overheden. Aardwarmte moet een logische plaats krijgen binnen de context van de nut en noodzaak van de energietransitie en het breder scala aan alternatieve warmtebronnen. De ontwikkeling van de sector in de komende jaren biedt een kans om het draagvlak voor aardwarmte verder op te bouwen.
- Veilige en duurzame exploitatie noodzakelijke voorwaarden zijn. Vooral veiligheid en perceptie van veiligheid spelen een belangrijke rol in het verkrijgen van draagvlak, aangezien incidenten het draagvlak voor aardwarmte verminderen. Dit geldt voor het draagvlak bij het bredere publiek en omwonenden, maar ook (decentrale) overheden.
- Heldere, open en transparante dialoog en communicatie de lokale betrokkenheid en inspraak van industrie, overheden en burgers in projecten realiseert. Gebrek aan heldere informatie en eerlijk overleg met burgers kan lokaal of landelijk leiden tot zorgen bij betrokkenen, terwijl aardwarmteprojecten ook juist kansen bieden voor lokale werkgelegenheid en invloed op eigen duurzame energievoorziening.

Een vergelijking met buurlanden laat zien dat het creëren van maatschappelijk draagvlak essentieel is bij het opzetten van aardwarmteprojecten, vooral in de gebouwde omgeving. Voorbeelden uit Duitsland en Italië zoals weergegeven in Figuren 26 en 27 laten zien dat het betrekken van de lokale bevolking bij de ontwikkeling van aardwarmte-projecten maatschappelijk draagvlak, enthousiasme voor het produceren van aardwarmte en banen oplevert.

Figuur 26: Duitse acceptatie van aardwarmte en investeringen in de sector blijven hoog ondanks ontstaan van burgerverzet groepen



Figuur 27: Met behulp van creatieve ideeën wordt er niet alleen draagvlak maar ook enthousiasme voor aardwarmte gecreëerd



ii. Wat de sector gaat doen

De sector zal werken aan het actief opbouwen van lokaal en nationaal maatschappelijk draagvlak voor aardwarmte door middel van de volgende acties:

1) Uitdragen van veilige exploitatie en risicobeheersing

Naast de eerder beschreven acties om veiligheid en risicobeheersing te verbeteren (*zie Hoofdstuk 4C. Veilige en effectieve operationele activiteiten*), is het van belang dat zowel individuele operators als de sector als geheel deze verbeteringen ook uitdragen. Hier vallen meerdere acties voor de sector onder:

- **Een gedragscode ontwikkelen en implementeren.** De komende periode zal DAGO in het kader van de Green Deal Participatie in samenspraak met de operators een aardwarmte gedragscode ontwikkelen die door alle operators onderkend en ondertekend zal worden. Hierin zullen we als sector publiceren hoe we veilig en verantwoord werken, en op welke wijze we de omgeving zullen betrekken. Het proces om tot deze gedragscode te komen, zal leiden tot meer bewustzijn van het belang van eigen gedrag, het belang van draagvlak en omgevingsmanagement bij huidige operators. Toekomstige operators hebben vanaf de start een heldere leidraad voor het betrekken van de omgeving bij hun initiatieven.
- **Opbouwen van een 'database' met feiten over veiligheid.** Deze database zal zich onder andere richten op kwantificering van risico's, het bijhouden van incidenten en het opbouwen van een risicoregister. Dit zorgt ervoor dat er een gedeelde en publiek beschikbare kennisbron is, waarop belanghebbenden zich kunnen baseren. Dit zal niet alleen risico's van de huidige activiteiten omvatten, maar ook vooruitblikken naar toekomstige exploitatie. Risico's van UDG en bijvoorbeeld aanleg van aardwarmteputten dicht bij de gebouwde omgeving kunnen het beste proactief in beeld worden gebracht, om ook hier beheersmaatregelen voor te kunnen treffen.
- **Een schadeprotocol ontwikkelen en implementeren** dat ingaat op de stappen die verschillende belanghebbenden zullen ondernemen in het geval van schade. Om dit protocol

kracht bij te zetten, zal hier een financiële ruggensteun voor moeten worden afgesproken, ofwel binnen de sector, ofwel met hulp van de overheid.

- **Bestaande crisiscommunicatie uitwerken en nader afstemmen met (nieuwe) partijen.** Hier zal ook aandacht moeten zijn voor wie welke rol gaat vervullen in communicatie in het geval van een incident.
 - **Trainingen voor operators ontwikkelen over omgaan met media/pers en burgersvragen over risico's en veiligheid.**
- 2) **Basiskennis van de samenleving, overheden en markt over aardwarmte verbeteren, binnen de context van de energietransitie**

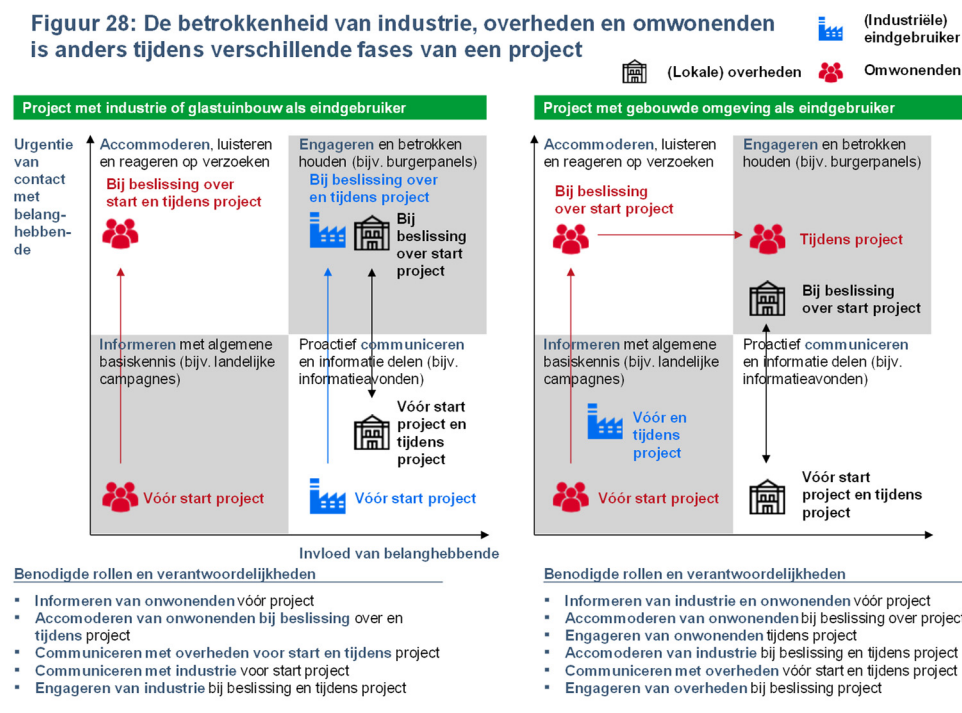
Om de basiskennis van samenleving, overheden en markt over aardwarmte te verbeteren en daarmee draagvlak te creëren, zijn twee onderdelen van belang:

- **Het verbeteren, aanscherpen, actualiseren en uitdragen van aardwarmtepropositie, gedifferentieerd naar doelgroep.** De sector is zich bewust van het belang van maatschappelijk draagvlak en partijen dragen momenteel al bij aan informatiedeling over aardwarmte, bijvoorbeeld door middel van de website www.hoewerkaardwarmte.nl, opgezet door SPG, DAGO en EBN en door de website geothermie.nl. Ook werken onder andere diezelfde partijen aan informatiemateriaal, communicatieplannen en kennisdeling, voornamelijk puttend uit eigen kennis, ervaring en expertise. Deze verschillende inspanningen zullen de komende jaren verder gecoördineerd moeten worden binnen de sector om tot een consistente propositie over aardwarmte te komen, met bijbehorende standaard communicatiematerialen (bijvoorbeeld te downloaden via www.hoewerkaardwarmte.nl). Deze materialen zullen onder andere ook aandacht besteden aan de recentelijk geïmplementeerde kernenergiewet en de daaruit volgende verplichting voor operators om een kernenergievergunning aan te vragen. Er zal ook goed nagedacht worden over welke aspecten van aardwarmte hierin benadrukt worden, zoals transparante dialoog over risico's en slechts voorzichtig de grootschalige potentie van de technologie benadrukken. Ook het aanwijzen van een eerste aanspreekpunt voor generieke vragen over aardwarmte helpt om de propositie over aardwarmte goed uit te dragen. De aardwarmtepropositie kan gebruikt worden voor zowel:
 - Bijdrage aan nationaal plan voor informatie-uitwisseling over energietransitie (zie hieronder);
 - Bijdrage aan nationale dialoog over aardwarmte vanuit de sector, zoals het actief benaderen van potentiële (industriële) eindgebruikers of het schrijven van opiniestukken in nationale media.
- **Het voortouw nemen in het bijdragen aan een nationaal plan voor informatie-uitwisseling en dialoog met de verschillende doelgroepen over de energietransitie.** De aardwarmtesector zelf is niet 'onpartijdig' genoeg om landelijk een regierol te spelen in het verbeteren van de basiskennis over de nut en noodzaak van de energietransitie en aardwarmte ten opzichte van andere warmtebronnen. Desalniettemin zien wij dat het noodzakelijk is voor het succes van aardwarmte, en andere alternatieve warmtebronnen, om van de (kosten) vergelijking met aardgas los te komen. De sector zal bijdragen aan een nationaal communicatieplan in samenwerking met EZK, BZK, het Expert(ise)centrum Warmte, NVDE, warmtebedrijven en/of vele anderen over hoe doelgroep-specifieke versies van de propositie over aardwarmte ook daadwerkelijk landelijk kunnen worden uitgedragen. De hierboven beschreven consistentie propositie over aardwarmte zal de basis leggen voor de kennis en informatie die hiervoor nodig is.

3) Samenwerkings- en participatiemodellen ontwikkelen voor lokaal draagvlak en lokale betrokkenheid van alle belanghebbenden vóór de start van een aardwarmteproject, bij keuze voor aardwarmte en tijdens aardwarmte-projecten

Lokaal draagvlak vóór de start van een project en tijdens realisatie en exploitatie essentieel, maar welke partij hier welke rol in speelt is niet evident. De aardwarmtesector zal het initiatief nemen om samenwerkingsmodellen te ontwikkelen voor lokaal draagvlak met een rolverdeling tussen de operator, (lokale) overheden, warmtebedrijven, eindgebruikers en/of omwonenden. In deze samenwerkingsmodellen zal vooral de samenwerking warmtebedrijven van groot belang zijn. Figuur 28 licht de complexiteit toe in de diversiteit aan rollen aan de hand van twee dimensies: type eindgebruiker (industrie/glastuinbouw of gebouwde omgeving) en type belanghebbende (lokale overheden, lokale industrie/glastuinbouw of burgers). Er zal tussen de verschillende betrokken partijen een goede afstemming moeten komen wie welke rol op zich zal nemen en de sector zal het voortouw nemen in het ontwikkelen van een algemeen plan hiervoor.

Voor het creëren van lokaal draagvlak lopen al meerdere initiatieven waar de sector op aan kan sluiten. De aardwarmtesector is zoals genoemd nauw betrokken bij Green Deal participatie, met als doel om de omgeving meer bij duurzame energieprojecten te betrekken. Ook wordt er op dit moment door de ministeries van EZK gewerkt aan een Expertcentrum over warmte, speciaal voor vragen van (lokale) overheden en actieve ondersteuning bij bijvoorbeeld omgevingsmanagement. Buiten de sector kunnen voorbeelden worden gezocht bijvoorbeeld van de NWEA, die een participatieplan heeft opgesteld om samenwerking tussen verschillende belanghebbenden bij een windproject te verbeteren en standaardiseren. Bij het creëren van lokaal draagvlak zal de nadruk vooral liggen op omwonenden. Het Nationaal Warmtenet Trendrapport 2017 laat bijvoorbeeld zien dat het draagvlak onder belanghebbenden uit de warmtewereld (leveranciers van warmte, overheden, beheerders, etc.) al goed is: de meerderheid hiervan denkt dat in 2050 aardwarmte de belangrijkste warmtebron is.



4) Draagvlak lokaal en nationaal monitoren

Het monitoren van lokaal en nationaal draagvlak zal inzicht geven in de effecten van de inspanningen om draagvlak te verbeteren en ook de mogelijkheid geven om tijd in de spelen op ontwikkelen in draagvlak. Hierin zijn meerdere stappen te identificeren:

- 1) De sector zal een methode ontwikkelen om draagvlak te monitoren, zowel landelijk als lokaal. Hierbij valt te denken aan enquêtes en interviews, maar ook het monitoren van berichten op (sociale) media en het inrichten van een (lokaal) proces voor het melden en adequaat afhandelen van klachten en overlast.
- 2) Een 'nulmeting' van draagvlak zal worden uitgevoerd om te helpen om een beter beeld te krijgen van het huidige draagvlak voor aardwarmte.
- 3) Op basis van de nulmeting kan actief ingespeeld worden op het draagvlak, ofwel lokaal ofwel nationaal via het communicatieplan.
- 4) Hierna kan op continue basis draagvlak gemonitord worden en ingespeeld worden op ontwikkelingen lokaal en nationaal.
- 5) Onderzoeken van mogelijke synergiën met olie- en gassector voor het draagvlak voor aardwarmte.

Het toetreden van (grote) spelers uit de olie- en gassector (zoals Vermilion, Shell, EBN) of hergebruik en 'dual play' van gasboringen kan van invloed zijn op de beeldvorming over aardwarmte. Het is daarom van belang om een onderzoek uit te voeren naar deze mogelijke invloed. Dit onderzoek kan beoordelen wat de mogelijke invloed op het draagvlak voor aardwarmte is door samenwerking met de olie- en gassector, en hoe hierop ingespeeld kan worden.

iii. Wat de sector nodig heeft

Om draagvlak te creëren heeft de aardwarmtesector het volgende nodig:

1) Nationale dialoog over de nut en noodzaak van de energietransitie met focus op de warmte-netten, de warmtesector en verschillende warmtebronnen

De energietransitie beïnvloedt vele sectoren, ministeries (EZK, BZK, I&W, LNV), decentrale overheden en instanties (gemeenten, drinkwaterbedrijven) en een gecoördineerde strategie voor een brede dialoog over de transitie en een duidelijk, consistent en transparant verhaal zijn daarom van belang. Niet alleen aardwarmte maar ook warmtenetten en de bredere warmtesector moeten een rol krijgen in deze dialoog.

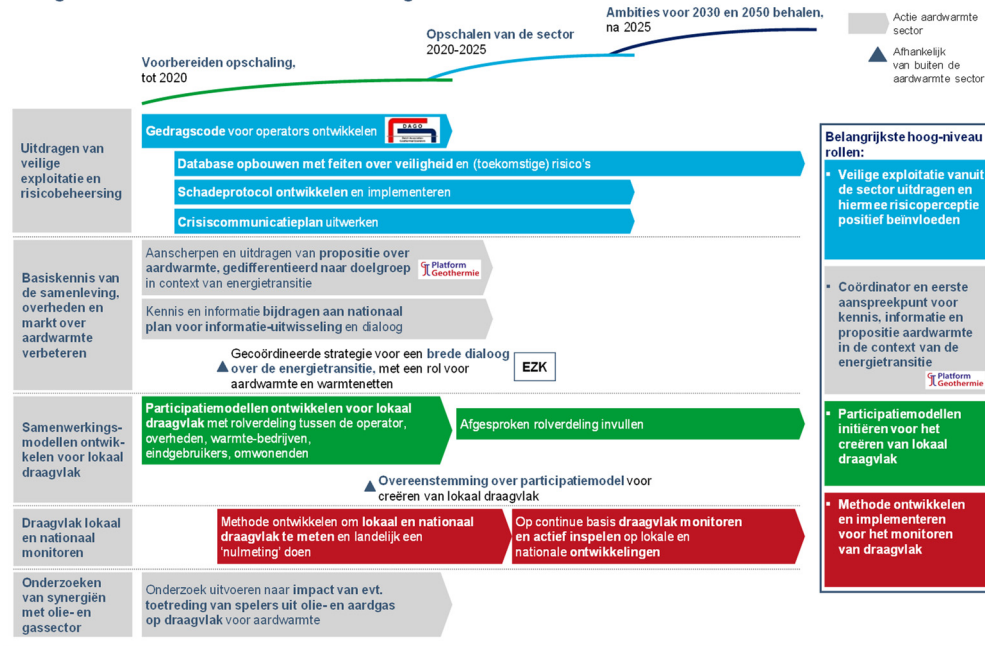
De aardwarmtesector kan aansluiten bij lopende initiatieven op het gebied van draagvlak creëren voor duurzame energie, zoals de eerdergenoemde Green Deal Participatie. Deze Green Deal wordt gesteund door 27 branche- en koepelorganisaties die hun kennis en ervaring over participatie in de verdere ontwikkeling, vormgeving en verbetering van participatieprocessen voor duurzame energieprojecten bundelen. Bijvoorbeeld het verder ontwikkelen van het Expertcentrum Warmte zal een bijdrage kunnen leveren aan draagvlak bij (lokale) overheden.

2) Dialoog met brede groep belanghebbenden over rollen, verantwoordelijkheden en samenwerkingsmodel in het creëren van lokaal draagvlak

Zoals genoemd zal voor het creëren van lokaal draagvlak overeenstemming bereikt moeten worden tussen verschillende belanghebbenden zoals warmtebedrijven, provincies, gemeenten en operators over wie welke rol gaat vervullen in het creëren van draagvlak, en hoe de onderlinge samenhang hierin kan worden gewaarborgd. De besluitvorming hierover zal parallel moeten lopen met de warmtevoorziening per wijk.

iv. Routekaart

Figuur 28: Routekaart robuust draagvlak



E. Innovatie

i. Toekomstbeeld voor opschaling van aardwarmte

Innovatie is van belang om de aardwarmtesector op meerdere dimensies en voor verschillende onderdelen van de waardeketen te versnellen. Innovatie biedt mogelijkheden om risico's en kosten op een veilige manier verder te reduceren en voor betere aansluiting bij eindgebruikers en andere warmtebronnen te zorgen door de waardeketen te optimaliseren. Ook kan innovatie het potentieel van de technologie verder verhogen, bijvoorbeeld door toepassingen te verbreden. Op de korte termijn speelt niet alleen innovatie in de vorm van fundamenteel en toegepast onderzoek en demonstratieprojecten (pilots) hierin een rol maar ook het delen van bestaande kennis, bijvoorbeeld vanuit het buitenland en vanuit andere sectoren. Op de langere termijn is het belangrijk dat de juiste innovatie continue wordt geprioriteerd. Nederland heeft voor deze verschillende vormen van innovatie een goed uitgangspunt, onder andere door de bestaande toeleveranciers en bestaande innovatie vanuit andere ondergrondgebruikers zoals de olie- en gassector.

Op het gebied van fundamenteel en toegepast onderzoek en demonstratieprojecten, zien wij een aantal innovatiebehoefte die zowel haalbaar zijn als de potentie hebben om de aardwarmtesector in Nederland richting 2030 en 2050 te versnellen:

- **Innovatie op het gebied van veiligheid en risicoreductie:**
 - Vergroten inzichten in ontstaan en mitigeren van geïnduceerde seismiteit (zoals het beter begrijpen van de effecten van thermische reservoirstimulatie en de effecten van waterinjectie langs breuken, het verminderen van overlast in gebouwde omgeving);
 - Veilig abandonneren (bijvoorbeeld door deze stap in de waardeketen mee te nemen in het putontwerp en te specificeren voor verschillende geologische formaties);
 - Veilig en duurzaam omgaan met testwater en 'bijvangst' (formatiegas dat potentieel mee wordt gewonnen);
- **Innovatie op het gebied van waardeketenoptimalisatie en verhoging van effectiviteit:**
 - Afstemmen van aardwarmte met andere warmte- en energiebronnen (zoals toepassen hybride netten en systeemintegratie met andere energievormen);
 - Warmte maximaal benutten (zoals cascadering, toepassen slimme warmtenetten om bijvoorbeeld warmtevraag beter te voorspellen, toepassen warmteopslag);
 - Demonstreren toepassing verschillende temperaturen (zoals lage en hoge temperatuur levering).
- **Innovatie op het gebied van kostenreductie:**
 - Levensduur van aardwarmteputten verlengen (zoals verbeteren elektrische pomp (ESP) en toepassen alternatieve productiemethodes, ontwikkelen materialen met een langere levensduur, monitoren en voorkomen van corrosie en/of scaling (dichtslibben van installaties));
 - Innoveren op het gebied van de aanleg van een aardwarmteput (zoals verbeteren boortechnieken, toepassen van meer gecoördineerde boorcampagnes en verbeterde ruimtelijke ordening in de ondergrond). Hierbij is ook samenwerking en innovatie met toeleveranciers mogelijk, zoals bij het bouwen van fit-for-purpose rigs;
 - Effectievere fit-for-purpose putten ontwerpen (inclusief hergebruik bestaande infrastructuur, horizontale boringen, ontwerpen meer aanpassen aan veiligheidsrisico's (ook innovatie op het gebied van veiligheid));
 - Verbeteren reservoir management (zoals aanpak voor specifieke geologische formaties in Nederland, verlengen van productie door onder andere uitstellen van 'koude doorbraak').

Deze innovatiebehoefte is geïdentificeerd in het kader van de innovatieroutekaart aardwarmte, waarvoor het ministerie van EZK in de Kamerbrief van februari 2018 aan EBN heeft gevraagd deze in nauwe afstemming met RVO te ontwikkelen. Zie voor meer detail de innovatieroutekaart zoals ontwikkeld door Royal Haskoning DHV. Naast afstemming met warmtenetten zal er ook innovatie mogelijk zijn op het gebied van veilig en efficiënt aanleggen van warmtenetten, waar in dit Masterplan verder niet op ingegaan zal worden.

Om innovatie in te kunnen zetten om de aardwarmtesector te versnellen, is naast het prioriteren van bovenstaande innovatiebehoefte van belang om:

- Goede aansturing in te richten om op continue basis projecten te kunnen prioriteren die bijdragen aan de overkoepelende visie op aardwarmte. Hierbij gaat het niet alleen om het ontwikkelen en implementeren van innovatie door een goede samenwerking tussen kennisinstellingen en onder andere operators, maar ook om richting geven aan innovatie op basis van een maatschappelijke missie (*missiegedreven innovatie*). Dit vereist innovatiebeleid dat verder gaat dan alleen individuele technieken maar juist kijkt naar welke innovatie maatschappelijk gewenst en inpasbaar is.
- Inzichten vanuit innovatie continu met de juiste belanghebbenden te delen om te zorgen voor snelle integratie in bedrijfsvoering.

ii. Wat de sector gaat doen

Innovatie is voor een belangrijk deel afhankelijk van spelers buiten de aardwarmtesector zoals RVO, TNO, TKI, universiteiten en NWO, maar de sector zelf kan op drie manieren een bijdrage leveren aan innovatie:

1) Actieplan ontwikkelen om innovatiebehoefte te prioriteren en af te stemmen met relevante belanghebbenden (zoals EZK, RVO en TKI)

Een duidelijk beeld van de innovatiebehoefte helpt bij het prioriteren van de onderzoeken die het meeste potentie hebben om opschaling te versnellen en faciliteren. In de komende tijd zullen we een coördinerende partij aanwijzen die de innovatiebehoefte vanuit de operators, DAGO, SPG en EBN gecoördineerd verzamelt en vertaalt in een actieplan dat afgestemd zal worden met relevante belanghebbenden (zoals EZK, RVO en TKI). Dit houdt voor de korte en lange termijn in:

- **Voor de korte termijn zal deze coördinerende partij de huidige innovatieroutekaart met innovatiebehoefte verder praktisch uitwerken.** Hierbij valt te denken aan:
 - Innovatiebehoefte met alle relevante marktpartijen prioriteren, zoals operators, DAGO, SPG en EBN. Hierbij kan voortgebouwd worden op de routekaart die inmiddels door EBN in nauwe afstemming met RVO is ontwikkeld;
 - Voor de geprioriteerde innovatiebehoefte een (financiële en haalbaarheids-) afweging maken welke op korte termijn de grootste impact op veiligheid, kostenreductie of waardeketenoptimalisatie kunnen behalen;
 - Een actieplan schrijven over hoe we deze innovatiebehoefte ook daadwerkelijk kunnen uitvoeren. In dit actieplan zal onder andere staan welke meerjarige financiële behoeftes er zijn om de innovatiebehoefte in te vullen, omdat veel van de huidige manieren om innovatie te stimuleren een bijdrage vanuit de markt vereisen (zoals de 50% financiering vanuit de markt die voor TKI is vereist). Gezien de huidige schaal van de sector en de (financiële) slagkracht van veel van de partijen, zullen we op zoek gaan naar een oplossing om innovatieprojecten wel te uitvoerbaar te maken. Ook zal het actieplan ingaan op de organisatorische aspecten, zoals de benodigde sturing om het innovatieproces voor deze prioriteiten in te richten.

- **Voor de langere termijn zal dit afstemmingsproces tussen relevante partijen vanuit de markt en financiers, kennis- en onderzoeksinstituten en overheden op continue basis moeten gebeuren.** Dit kan bijvoorbeeld door middel van een maandelijks overleg aan de hand van één gecoördineerde lijst van onderwerpen voor innovatie. De (financiële) behoeftes om marktpartijen in de toekomst te ondersteunen zullen ook veranderen als er grotere partijen zoals operators of woningbouwcorporaties een rol in de sector zullen spelen.

2) Een actieve rol spelen in innovatieprojecten, met name demonstratieprojecten

Operators zijn vaak betrokken bij innovatieprojecten en deze rol zullen ze in de toekomst blijven vervullen, met name door een belangrijke rol te spelen demonstratieprojecten/pilots. Op de korte termijn zien wij een aantal demonstratieprojecten die niet alleen een grote impact op de aardwarmtesector kunnen hebben, maar ook op korte termijn haalbaar zijn:

- Aansluiting van nieuwe aardwarmte-doublers op een bestaand warmtenet met – zie *Hoofdstuk 4F. Aansluiting op warmtenetten*;
- Pilotprojecten rondom lage temperatuur aardwarmte (zoals Zevenbergsehoek met een temperatuur van 30-40 graden);
- Pilotprojecten rondom seizoensopslag en flexibele duurzame warmtebronnen voor piekbelasting. Deze pilots zijn nodig om ervaring op te doen met ondergrondse of andere vormen van opslag en energie neutrale manieren om snel te kunnen reageren op pieken in warmtevraag;
- Voortzetten UDG-pilots voor de lichte industrie;
- Pilotprojecten rondom hergebruik en 'dual play' van gasboringen (*afhankelijk van het genoemde onderzoek naar de invloed hiervan op draagvlak, zie Hoofdstuk 4D. Robuust maatschappelijk draagvlak*).

Voor de kortere termijn is het te verwachten dat vooral kennisinstituten het initiatief voor deze pilots zullen nemen, in samenwerking met operators. Op langere termijn zouden operators zelf bekender kunnen worden met de mogelijkheden om financiering aan te vragen voor innovatieprojecten en ook de financiële en organisatorische middelen hebben om het initiatief te nemen voor onderzoek en innovatie.

3) Bijdragen aan de implementatie van inzichten vanuit innovatie

Innovatie kan de aardwarmtesector alleen versnellen als inzichten de juiste belanghebbenden bereiken en daar daadwerkelijk geïmplementeerd worden. Het delen van kennis en inzichten is niet alleen een verantwoordelijkheid van de sector, maar ook juist van de initiatiefnemers van innovatieprojecten. DAGO zal bijvoorbeeld de inzichten uit innovatie vertalen in industriestandaarden. Daarnaast zullen we een actieplan ontwikkelen om inzichten vanuit innovatie breder te delen, met aandacht voor onder andere:

- Het delen van opgedane kennis en inzichten vanuit demonstratieprojecten/pilots binnen de sector;
- Het ontwikkelen van bijvoorbeeld trainingen en workshops om verdere kennisdeling met diverse geïnteresseerden te faciliteren (zoals operators, adviseurs en toeleveranciers). Dit zal ook bijdragen aan grotere beschikbaarheid van deskundig personeel.

iii. Wat de sector nodig heeft

De aardwarmtesector heeft adequate aansturing nodig voor kennis- en innovatie, met op de korte termijn aansturing voor de implementatie van de huidige innovatieroutekaart. De innovatieroutekaart die in begin 2018 is ontwikkeld, geeft aan wat op dit moment de belangrijkste innovatiebehoefte vanuit de sector zijn. Vooral de behoeftes met hoge haalbaarheid en impact zullen op korte termijn ingevuld moeten worden, waarvoor de sector het eerdergenoemde actieplan zal ontwikkelen. Om op korte termijn de huidige innovatieroutekaart te implementeren en op de langere termijn op continue basis missiegedreven innovatie te garanderen is adequate aansturing nodig. Zoals beschreven in de Kamerbrief van februari 2018, houdt dit onder andere in dat samenhang wordt gewaarborgd en afstemming plaats kan vinden met gelijksoortige programma's in het buitenland en met innovatieprogramma's in de energiesector, met actieve betrokkenheid vanuit de aardwarmtesector.

Om missiegedreven innovatie tot een succes te maken, is er een regievoerder nodig die innovatie continue coördineert. Op dit moment vervult RVO deze rol grotendeels door de belangrijkste partij te zijn in het toekennen van verschillende innovatiefondsen. Deze regievoerder zal niet alleen moeten toezien op samenhang en afstemming tussen andere industrieën en buitenland (zoals nu bijvoorbeeld al gebeurt door RVO in het kader van de GEOTHERMICA), maar ook met andere betrokken partijen zoals TNO, universiteiten, NWO en TKI's. De verschillende kennisagenda's, TKI's, en kennisinstellingen zullen op de lange termijn op elkaar afgestemd blijven en de verschillende partijen zullen blijven samenwerken aan één missie voor de toekomst.

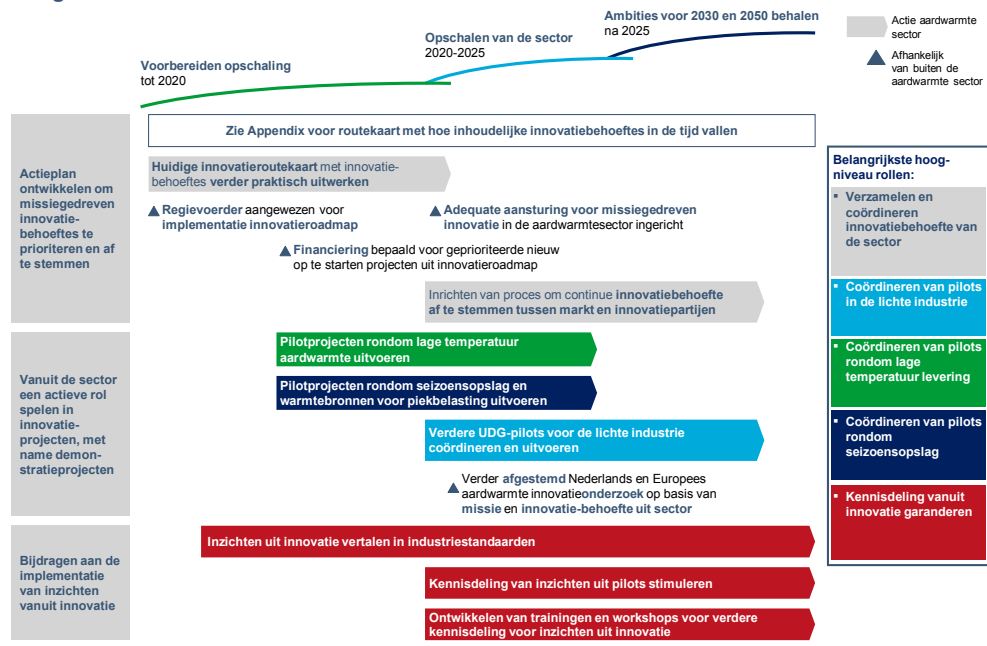
Naast aansturing is er ook continuering van huidige innovatieprojecten nodig en verdere investeringen voor nieuw te starten innovatieprojecten:

- **Lopende innovatieprojecten die van groot belang zijn**, zoals het ontwikkelen van het ontwikkelen van materialen met een langere levensduur en andere innovaties om de levensduur van een aardwarmteput te verlengen en het verbeteren van waterinjectie om te voorkomen dat injectiecapaciteit terugloopt tijdens exploitatie;
- **Benodigde innovatieprojecten die verdere (financiële) ondersteuning nodig hebben**, zoals:
 - Onderzoeken van het ontstaan en mitigeren van geïnduceerde seismiteit;
 - Verbeteren van boortechnieken voor het sneller en effectiever boren van aardwarmte putten;
 - Ontwikkelen en toepassen van (hoge temperatuur) opslagconcepten voor buffering van warmte in de ondergrond;
 - Demonstreren van hoge temperatuur levering aan de industrie door middel van ultradiepe aardwarmte.

De innovatieroutekaart schetst de verwachting dat voor het volledig uitvoeren van deze routekaart tussen de 200 en 600 miljoen euro nodig is, waarvan deze routekaart voor ongeveer de helft van de projecten financiering vanuit de markt verwacht. Op de korte termijn is het meest aannemelijk dat de financiële steun voor bovengenoemde innovatieprojecten vanuit de bestaande programma's en subsidies zoals komen (zoals TKI/HER, DEI, Horizon2020). Op de langere termijn zal ook vanuit de sector meer (financiële) invulling gegeven kunnen worden aan innovatie.

iv. Routekaart

Figuur 30: Routekaart innovatie



Zie de bijlage voor referentie aan de innovatieroutekaart en hoe de daarin beschreven innovatiebehoefes in de tijd vallen.

F. Aansluiting op warmtenetten

i. Toekomstbeeld voor opschaling van aardwarmte

Om de emissiereductie ambities in 2030 en 2050 te halen zijn in de gebouwde omgeving alternatieven nodig voor de gasgestookte cv-ketel. Een aansluiting op een warmtenet is daarvoor één van de alternatieven. Voor deze warmtenetten zijn nieuwe fossielvrije warmtebronnen zoals aardwarmte nodig. De aanleg van warmtenetten is dus cruciaal voor de levering van aardwarmte in de gebouwde omgeving. Hiermee wordt de anders gefragmenteerde vraag van duizenden huishoudens gestructureerd en samengebracht in een hoeveelheid die nodig is voor een rendabele business case voor aardwarmte. Deze afhankelijkheid en onzekerheid over zowel de aardwarmtebron als de beschikbaarheid van de vraag creëert een “kip-en-ei probleem” dat een centrale regievoerder nodig heeft om op te lossen.

Het Klimaat- en Energieakkoord 2018 zal uitwerken hoe deze beslissing voor een bepaalde lokale warmteoplossing genomen zal worden. Daarnaast zullen gemeentes warmtevisies uitwerken voor 2021. Om dit proces te faciliteren zullen wij nauw samenwerken met warmtebedrijven (inclusief netbeheerders) en het Expert(ise)centrum Warmte om een duidelijke propositie te leveren voor een collectieve warmteoplossing. Deze partijen zullen naar verwachting lokale overheden bedienen die interesse hebben in een collectief warmtenet en de eindgebruikers als klanten hebben.

Het aanleggen van een warmtenet vanaf de verkenning tot en met de realisatie duurt vaak meerdere jaren. Gegeven deze lange termijnen en beperkte ervaring met aardwarmte in warmtenetten moet zo snel mogelijk begonnen worden met het aansluiten van aardwarmte bronnen op bestaande warmtenetten. Omdat de capaciteit van huidige warmtenetten slechts 25 PJ is, zullen hiernaast ook samenwerkingen aangegaan moeten worden voor toekomstig te realiseren warmtenetten. Hiermee kan voor 2030 de ambitie van 20 PJ aardwarmte in de gebouwde omgeving gehaald worden en na 2030 opgeschaald worden naar 135 PJ.

ii. Wat de sector gaat doen

Om aansluiting van aardwarmte op warmtenetten voor de gebouwde omgeving te realiseren zullen wij drie acties ondernemen:

1. **~10 pilots starten** om aardwarmte bronnen aan te sluiten op bestaande en nieuwe warmtenetten in de gebouwde omgeving

Om zo snel mogelijk ervaring op te doen in het samenwerken en met de technische en maatschappelijke uitdagingen die komen kijken bij aardwarmte en warmtenetten in de gebouwde omgeving is het van belang om te beginnen met pilots. Dit kan sneller gerealiseerd worden voor bestaande warmtenetten en daarom zal daar begonnen worden. Een technisch knelpunt is bijvoorbeeld het verschil in temperatuur. De tot nu toe ontwikkelde aardwarmte bronnen opereren op ongeveer 70°C. Deze temperatuur is vooral geschikt voor de huidige netten die zijn ontworpen op deze relatief lage temperatuur. Oudere netten opereren op hogere temperatuur van ongeveer 90°C. Technische oplossingen zullen ontwikkeld worden om hiermee om te gaan.

De eerste stap is bepalen welke bestaande warmtenetten in de buurt liggen van bekend ondergronds potentieel. Vervolgens zullen in samenwerking met de betreffende warmtebedrijven op deze locaties bepaald worden welke technische aanpassingen aan de netten en bij de eindgebruikers er nodig zijn om aardwarmte bronnen aan te sluiten. Voor de geselecteerde locaties worden dan pilots gestart waarbij actie 2 en 3 uit dit hoofdstuk in de praktijk worden gebracht. Er lopen momenteel enkele projecten in Pijnacker-Nootdorp, Den Haag en Leeuwarden om aardwarmte te (gaan) leveren aan de gebouwde omgeving met meerdere projecten gepland door Hydreco en HVC. Hierbij is het van belang de ‘lessons learned’ te verzamelen en delen met andere operators.

2. **Uitgangspunten opstellen voor transparante afspraken met warmtebedrijven** over contracten en tarieven voor de geleverde warmte

Aardwarmte producenten en warmtebedrijven moeten gestandaardiseerde uitgangspunten opstellen voor onderlinge contracten en tarieven. Producenten hebben dit nodig om een business case te kunnen opstellen voor doubletten die (deels) produceren voor de gebouwde omgeving en warmtebedrijven moeten weten hoe aardwarmte zich verhoudt tot andere potentiële warmtebronnen. De uitgangspunten voor de contracten moeten antwoord geven over hoe er om wordt gegaan met veranderingen in geleverd vermogen (bij de start en tijdens de exploitatiefase), veranderingen in geleverde temperatuur en de termijnen waarover levering en/of afname gegarandeerd worden. De uitgangspunten voor de tarieven moeten leiden tot een transparante tariefstructuur die onder andere afhangt van het geleverde vermogen, de geleverde temperatuur, het aantal vollasturen en/of de baseload en de uitkoeling van het water in de warmtenetten. Daarbij is het belangrijk dat de ontwikkelaar van de aardwarmtebron voldoende zekerheid heeft dat deze zijn investering terug kan verdienen. Dit verlangt dat nieuwe bronnen aan een warmtenet enkel in overleg (negotiated TPA) kunnen worden toegevoegd.

3. **Samenwerken met warmtebedrijven en Expert(ise)centrum Warmte** om een gecoördineerd aanbod aan lokale overheden en gebouwegenaren te kunnen bieden

De aardwarmte sector zal nauw gaan samenwerken met warmtebedrijven en het Expert(ise)centrum Warmte, zodat zij een duidelijke propositie kunnen presenteren aan decentrale overheden. Hiervoor zal worden afgesproken hoe zij lokale overheden willen informeren over het aardwarmte potentieel, welke data er nodig is om transparante business cases op te stellen en wat voor afspraken voor ruimtelijke inpassingen er nodig zijn voor het inpassen voor aardwarmte projecten. Op deze manier kan aardwarmte optimaal ingepast worden in het totale warmte aanbod. De aardwarmte sector zal de samenwerking met warmtebedrijven (onder andere HVC, Nuon, Eneco, Ennatuurlijk) intensiveren en warmtebedrijven actief benaderen om concrete afspraken te maken over hoe de sector het beste kan helpen om een aanbod te doen aan de lokale overheden. Regio's met een hoog technisch en economisch potentieel worden hierbij geprioriteerd.

iii. Wat de sector nodig heeft

1. **Aanleg van nieuwe warmtenetten**

Een warmtenet is nodig in de gebieden waar een collectieve warmteoplossing het meest economische alternatief voor aardgas is. Op deze warmtenetten zal een diversiteit aan warmtebronnen nodig zijn (afhankelijk van lokale omstandigheden en prijs) met een mix die steeds verder verduurzaamt (bijvoorbeeld door warmte uit kolen- of gascentrales te vervangen door aardwarmte). De capaciteit van bestaande warmtenetten is ~25 PJ. Om in 2030 en 2050 respectievelijk 20 en 135 PJ aardwarmte te leveren aan de gebouwde omgeving zal deze capaciteit vergroot moeten worden. Hiervoor is het belangrijk dat een nieuw te ontwikkelen warmtenet op redelijke termijn voldoende volume heeft om een aardwarmtebron succesvol te exploiteren. Het aansluittempo van woningen en gebouwen moet daarmee gelijklopen.

Aan de keuze voor een alternatieve warmtevoorziening gaat een inventarisatie van bestaande en toekomstige warmtebronnen vooraf en een zorgvuldig participatieproces (zie ook Hoofdstuk 4D). Het is cruciaal dat het Klimaat- en Energieakkoord 2018 identificeert hoe deze beslissing voor een bepaalde warmteoplossing genomen zal worden. Een uitwerking van deze (wijkgerichte) aanpak, heeft als belangrijke uitkomsten wie warmtenetten zal initiëren, wie de eigenaar zal zijn en hoe deze te financieren. Als het besluit om een warmtenet aan te leggen

eenmaal is genomen, is een duidelijke uitvraag aan de markt cruciaal, waarin de randvoorwaarden waaraan het systeem moet voldoen staan vermeld. De betreffende wijk of gemeente kan via die randvoorwaarden sturen op bijvoorbeeld duurzaamheid en kosteneffectiviteit. Vervolgens kunnen verschillende bronnen, waaronder aardwarmte, warmte leveren aan de warmtenetten.

2. Verdere ontwikkeling van het Expert(ise)centrum Warmte

Om de decentrale aanpak van de energietransitie succesvol te laten verlopen is het van belang dat lokale overheden voldoende ondersteund worden bij het opstellen van hun warmtevisies. Het Expertcentrum dient ten eerste een vergelijking beschikbaar te maken van de verschillende duurzame opties waar een gemeente voor kan kiezen in de lokale warmtevoorziening. Vervolgens moet het gemeenten met interesse in een warmtenet doorverwijzen naar de warmtebedrijven die een lokale oplossing kunnen voorstellen inclusief een voorstel over welke bronnen en per wanneer worden aangesloten.

3. Warmtebedrijven die de regie voeren richting lokale overheden

In aanvulling op de algemene en landelijke aanpak van het Expert(ise)centrum Warmte, is het van belang om een duidelijke regievoerder te hebben die de leiding neemt bij het warmte aanbod aan lokale overheden (ter ondersteuning van gemeenten die via de wijkgerichte aanpak in warmte visies zullen bepalen hoe de warmtelevering te verduurzamen). Warmtebedrijven (inclusief netbeheerders) zouden deze rol logischerwijs op kunnen pakken. Zij zijn namelijk in de positie om een combinatie van bronnen samen te stellen (bijvoorbeeld aardwarmte als baseload en restwarmte als back-up) en ook een ontwerp te maken over hoe dit verandert over de tijd. Dit betekent ook dat de warmtebedrijven op de hoogte moeten zijn van de ruimtelijke inpassingen die nodig zijn voor aardwarmte, zodat ze dit als randvoorwaarden kunnen stellen in de regio's waar ze nieuwe bronnen en/of nieuwe netwerken plannen. Het is vervolgens de taak van gemeenten en provincies om de ruimtelijke inpassing van de benodigde projecten te faciliteren en tijdig de benodigde ruimte te reserveren in ruimtelijke plannen.

4. Beleid dat het gebruik van groene warmte stimuleert

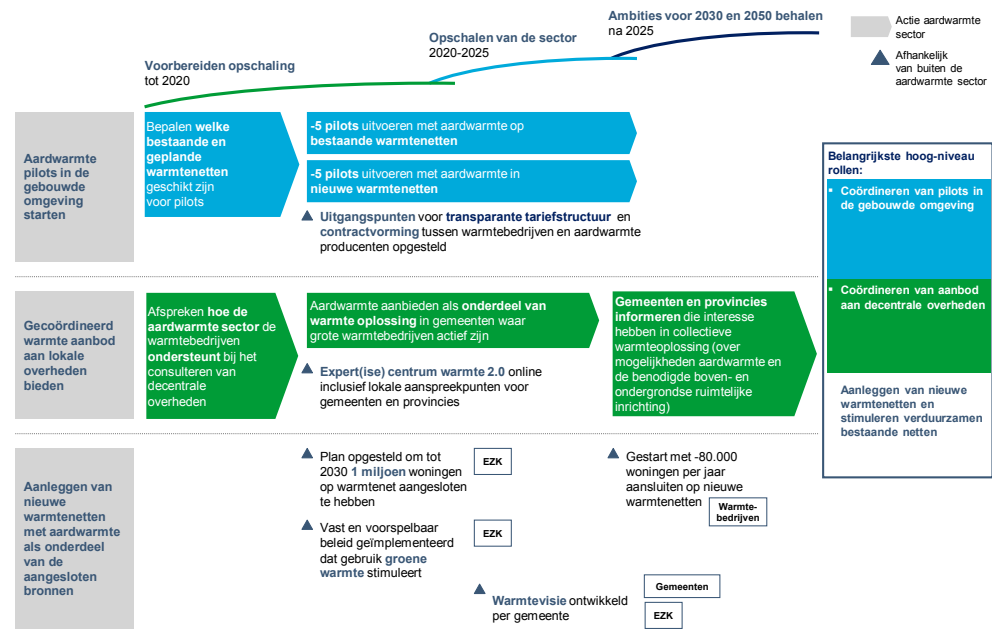
Wanneer bedrijven, overheden en huishoudens willen voldoen aan duurzaamheidsdoelstellingen is er beleid nodig dat het gebruik van groene warmte erkent door middel van certificering. Hierbij is het van belang dat er de mogelijkheid bestaat volledig groene warmte te leveren/verkopen aan de eindgebruiker, ook wanneer de geleverde warmte om technische redenen uit meerdere bronnen afkomstig is. Hiervoor zouden dezelfde regels moeten gelden als voor groene stroom. Hiervoor is in oktober 2017 een vrijwillige gedragscode in de warmtewereld gemaakt.

Daarnaast zijn om aardwarmte toe te kunnen passen pompen en eventueel warmtepompen nodig. De hiervoor benodigde elektriciteit moet, zolang de gemiddelde inkoopmix voor elektriciteit niet 100% duurzaam is, kunnen worden verduurzaamd.

Als laatste coördinatie met het Bouwbesluit van belang (specifiek rondom nodige energie labels) om te zorgen dat de ontwikkeling van de warmtevraag in de gebouwde omgeving aansluit aan het (mogelijke) aanbod.

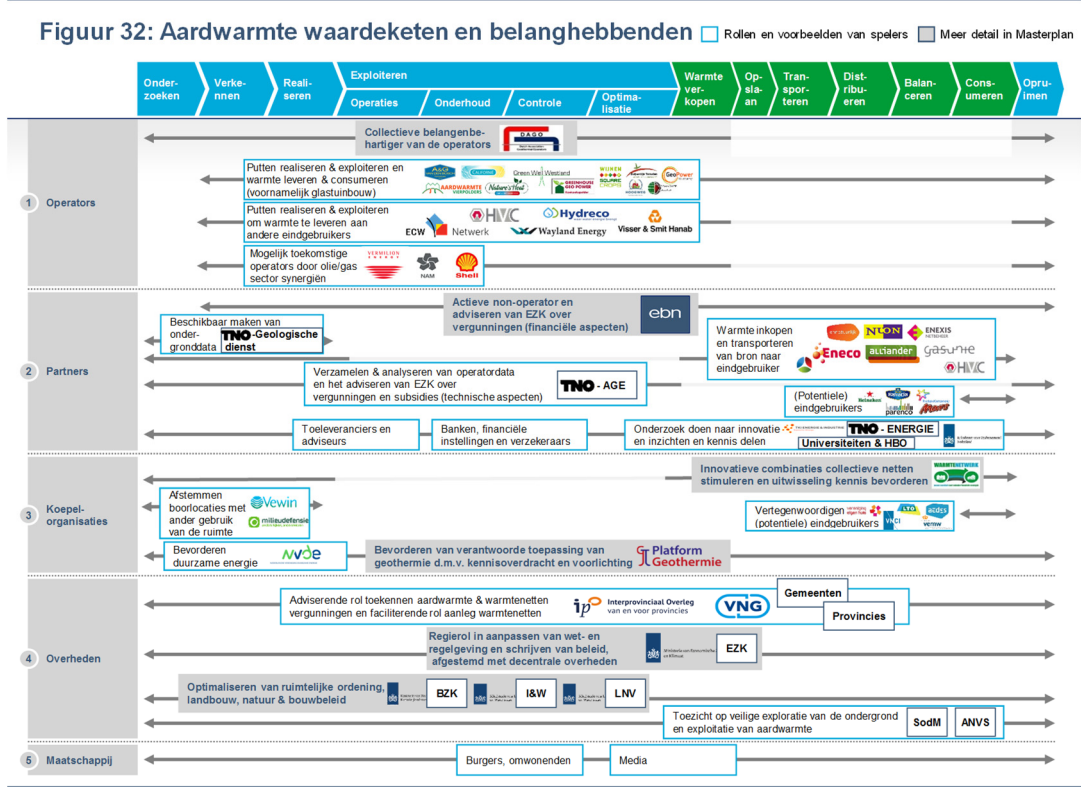
iv. Routekaart

Figuur 31: Routekaart aansluiting op warmtenetten



V. Organisatorische implicaties

We gaan de komende jaren het masterplan realiseren met belangrijke bijdragen vanuit de sector en daarbuiten. Niet alleen DAGO, SPG, EBN, Stichting Warmtenetwerk en EZK en BZK spelen hierbij belangrijke en specifieke rollen, maar alle partijen uit de waardeketen kunnen hieraan een bijdrage leveren. Het onderstaande overzicht geeft aan welke partijen in welk deel van de waardeketen een welke rol spelen.



Naast de huidige en toekomstige operators spelen bijvoorbeeld ook verschillende partners een rol. Hierbij valt te denken aan de toeleveranciers en adviseurs, maar ook de bedrijven die warmte inkopen en transporteren van bron naar eindgebruiker. Ook zijn de (potentiële) eindgebruikers en de kennis- en onderzoekspartijen partners in de opschaling van aardwarmte in Nederland. Verschillende koepelorganisaties kunnen een rol spelen in bevordering en afstemming van aardwarmte met andere duurzame energievormen en industrieën. Centrale en decentrale overheden definiëren en implementeren het benodigde beleid, wet- en regelgeving en toezicht, maar geven ook bijvoorbeeld advies over vergunningsaanvragen. Ook de rol van de bredere maatschappij, zoals burgers, omwonenden en de media is essentieel, om de vraag naar aardwarmte vorm te geven en aardwarmte in Nederland te accepteren.

i. Hoog-niveau rollen voor opschaling (binnen de sector)

De routekaarten die zijn opgesteld voor de verschillende thema's bevatten hoog niveau rollen die geoperationaliseerd zullen worden. Hierin zijn meerdere type rollen te onderscheiden:

- Rollen die bij één partij belegd zullen worden in de toekomst, waarbij deze partij andere partijen hierover informeert;
- Rollen die bij verschillende partijen te beleggen zijn:

- Dan wel gecoördineerd vanuit één partij met consultatie van andere partijen;
- Dan wel gezamenlijk met volledige ondersteuning en instemming van alle partijen;
- Dan wel dat meerdere partijen dezelfde rol individueel invullen.

Aan de hand van de routekaarten zijn de volgende hoog-niveau rollen geïdentificeerd, die bij één of meerdere partijen zullen worden belegd:

Figuur 33: Benodigde rollen en verantwoordelijkheden

Rollen die we bij één partij beleggen	Rollen die bij verschillende partijen te beleggen zijn
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ontwikkelen, afstemmen, implementeren en verbeteren van industriestandaarden incl. contact met toezichthouder ▪ Coördinator en eerste aanspreekpunt voor algemene kennis, informatie en propositie aardwarmte in de context van de energietransitie voor maatschappelijke dialoog ▪ Verhogen kennis ondergrond door middel van seismisch onderzoek en verbeterde toegankelijkheid ondergrond data ▪ Regierol vanuit de sector voor contact met EZK en decentrale overheden over operationeel beleid en wet- en regelgeving ▪ Aanpassen Mijnbouwwet, -besluit en –regeling, ontwikkelen nieuw vergunningsmodel en aanpassen Warmtewet ▪ Afstemmen ruimtelijk en milieubeleid tussen verschillende overheden ▪ Gecoördineerde landelijke strategie voor een brede dialoog over de energietransitie, met een rol voor aardwarmte en warmtenetten 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Coördineren van play-based exploratie en exploitatie ▪ Coördineren van warmteoplossing voor decentrale overheden ▪ Opzetten van een data-infrastructuur om (operationele) data te verzamelen ▪ Opzetten van een samenwerkingsmodel om data en inzichten op basis van data om doubletten te optimaliseren te delen ▪ Kennisdeling vanuit innovatie en andere industrieën integreren ▪ Participatiemodellen ontwikkelen voor het creëren van lokaal draagvlak in samenwerking met o.a. warmte-netwerkbedrijven en gemeentes ▪ Methode ontwikkelen en implementeren voor het monitoren van draagvlak ▪ Onderzoeken en initiëren van uitgebreide en gedifferentieerde verzekerings-mogelijkheden
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aardwarmte aankaarten bij decentrale overheden en warmtenetwerkbedrijven ▪ Regierol vanuit de sector voor contact met EZK en decentrale overheden over beleid en wet- en regelgeving ▪ Inzichten en lessons learnt over veiligheid verzamelen en delen (ook met derden) ▪ Veilige exploitatie vanuit de sector uitdragen en transparantie over risico's creëren ▪ Periodiek overleg initiëren met drinkwaterbedrijven en (decentrale) overheden over ruimtelijk beleid ▪ Verzamelen en coördineren innovatiebehoefte van de sector ▪ Coördineren van pilots in de gebouwde omgeving ▪ Coördineren van pilots in de lichte industrie

De belangrijkste rollen die inmiddels al bij partijen zijn belegd, zijn:

- DAGO zal de rol gaan vervullen voor het ontwikkelen, afstemmen, implementeren en continue door-ontwikkelen van industriestandaarden, inclusief het bijbehorende contact met toezichthouder en (decentrale) overheden;
- EBN en TNO zullen de rol vervullen om kennis over de ondergrond te vergroten door middel van seismisch onderzoek en het verbeteren van toegankelijkheid van ondergrondse data;
- SPG zal een coördinerende rol spelen in een landelijke strategie voor een brede dialoog over aardwarmte en de energietransitie. Dit betekent dat SPG het eerste aanspreekpunt is voor algemene vragen over aardwarmte, informatie en de aardwarmte propositie.

De belangrijkste rollen die wel duidelijk zijn gedefinieerd, maar nog niet zijn belegd, zijn vooral:

- Het coördineren van play-based exploratie en exploitatie. Het beleggen van deze rol hangt sterk samen met het besluit of EBN (financieel) mag deelnemen aan aardwarmte projecten en kan daarom op dit moment nog niet worden gedaan.
- Coördineren van warmteoplossingen voor decentrale oplossingen en hierin samenwerken met warmtebedrijven.
- De twee rollen rondom het opzetten van enerzijds een data-infrastructuur en anderzijds een samenwerkingsmodel om data maar ook inzichten op basis van data op de juiste manier te delen.

ii. Afstemmen van rollen

Het afstemmen van rollen tussen verschillende belanghebbenden zal gebeuren op basis van de krachten, ervaringen en belangen. Hierbij valt te denken aan:

- **DAGO:** Als branchevereniging van uitvoerders van aardwarmteprojecten (vergunninghouders) in Nederland vertegenwoordigt DAGO de gezamenlijke belangen van operators, om de collectieve 'licence to operate' te borgen door middel van rendabele en veilige bedrijfsvoering. DAGO kan het gezamenlijke perspectief van operators met aardwarmte-ervaring uitdragen en vertegenwoordigen, door middel van kennis en kunde. In dit kader ontwikkelen zij op dit moment reeds industriestandaarden en zullen dit naar de toekomst blijven doen. Hierbij volgt op een logische manier de benodigde afstemming en actieve dialoog met zowel SodM als diverse (decentrale) overheden, met een nadruk op bijdragen aan de gedegen bedrijfsvoering van leden (veiligheid, zekerheid, betaalbaarheid, betrouwbaarheid en conformiteit).
- **Stichting Platform Geothermie (SPG):** Als non-profitorganisatie richt SPG zich op een maximaal maatschappelijk verantwoorde toepassing van aardwarmte in Nederland door een sterke sector en betrokkenheid, kennis en kunde van overheid en maatschappij. Door hun heterogene ledenbestand van partijen uit de publieke (zoals gemeentes, provincies en kennisinstituten) en private sector (zoals huidige en toekomstige operators, ingenieursbedrijven en energieleveranciers), beogen zij 'objectiviteit middels intersubjectiviteit'. Dit betekent dat het Platform zowel de vraag als de aanbodkant vertegenwoordigt en iedereen met een interesse voor aardwarmte zich aan kan melden en (onder andere) in werkgroepen deel kan nemen.
- **EBN:** Opggericht door de Nederlandse overheid om maximale maatschappelijke en economische waarde uit de Nederlandse ondergrond te realiseren, zal EBN ook in de aardwarmtesector gaan deelnemen. Vanuit de olie- en gasector heeft EBN veel kennis in ondernemen in de ondergrond en ervaring met samenwerking met operators, innovatie, data-acquisitie en analyse en contact met (decentrale) overheden. Om die reden neemt EBN onder andere deel aan de Green Deals Brabant en Ultradiepe Geothermie. Ook heeft EBN financiële en organisatorische slagkracht. De invulling van de rol van EBN is verder uitgewerkt in een Beleidsbrief Geothermie van EZK van februari 2018 die binnenkort een vervolg zal krijgen. Taken uit de beleidsbrief van februari zijn:
 - advies aan EZK over een financiële toets voor aanvragers van een vergunning;
 - een plan uit te werken voor het landelijk verzamelen van gedetailleerde seismiek (GTI plan). Inmiddels zijn in samenwerking met TNO de werkzaamheden begonnen;
 - een routekaart voor de kennis- en innovatieopgaven binnen aardwarmte langs de lijnen veiligheid, kosten- en risicoreductie en systeemoptimalisatie in samenwerking met RVO die inmiddels is afgerond.
 - Hoe de invulling van de deelname van EBN er uit komt te zien wordt uitgewerkt in een volgende Kamerbrief. Bij eventuele deelname zal EBN vooral willen toewerken naar rendabele, veilige en verantwoorde projecten en portfolio's van projecten. Verdere specifieke rollen die aansluiten bij EBN hangen af van de beslissing over deelname.
- **Stichting Warmtenetwerk:** De Stichting Warmtenetwerk is een breed samengesteld platform, dat het gebruik van fossiele energie en de uitstoot van broeikasgassen wil verminderen door bevordering van collectieve warmte- en koudenetwerken. Aardwarmte is één van de bronnen die dit doel waar kan maken en een bijdrage zal leveren, met hoge leveringszekerheid en tegen de laagste prijs. Door de deelnemers die onder andere bestaan uit warmtenetwerkbedrijven,

overheden, onderzoeksinstituten en spelers uit de industrie heeft de stichting een brede achterban. Ook wil de stichting niet alleen kennis en informatie verzamelen, maar onderzoek en innovatie ook actief stimuleren en economische haalbaarheid te bevorderen door de ontwikkeling van kostenbesparende technieken.

Op basis van deze krachten en belangen zullen bovenstaande partijen verder afstemmen welke van de beschreven hoog-niveau rollen bij ieder van hen belegd zullen worden. De verschillende belanghebbenden zullen ook de rollen, die niet bij één partij belegd kunnen worden, verder afstemmen. Hierbij zullen de partijen overeenkomen hoe ze de rol in de toekomst willen beleggen:

- Voor rollen die worden gecoördineerd vanuit één partij met consultatie van andere partijen:
 - Afstemmen wie de coördinerende partij is;
 - Op continue basis andere partijen consulteren.
- Voor rollen die gezamenlijk met volledige ondersteuning en instemming van alle partijen worden ingevuld:
 - Afstemmen hoe de rol operationeel ingevuld wordt door de verschillende partijen;
 - Op continue basis samenkomen of op andere manieren invulling afstemmen.
- Voor rollen die door meerdere partijen individueel worden ingevuld zullen de overige belanghebbenden worden geïnformeerd.

iii. Vervolgstappen voor het Masterplan

De komende jaren zullen ondergetekenden in samenwerking met de ministeries van EZK en BZK aan de slag gaan om de ambities en acties die in het Masterplan beschrijven zijn ook daadwerkelijk in te vullen en uit te voeren. Bovengenoemde partijen zullen andere belanghebbenden aansluiten in verdere operationalisering van het Masterplan. We zullen daarvoor de volgende stappen ondernemen:

- **Aggregeren en integreren van activiteiten per belanghebbende.** De ondergetekenden zullen het Masterplan vertalen naar specifiekere activiteiten en integreren in hun eigen organisatorische en bedrijfsplannen. Hierbij valt te denken aan:
 - Specifieke missie en rol die de partij wil spelen in de aardwarmtesector;
 - Activiteiten die de partij niet meer gaat ondernemen omdat ze bijvoorbeeld niet meer aansluiten bij de missie en rol die de partij wil gaan spelen;
 - Organisatorische veranderingen door te voeren, zoals benodigde aanvullende FTEs.
- **Gecoördineerd de routekaarten uitvoeren.** Verschillende partijen zullen de activiteiten zoals geïdentificeerd op de routekaarten uitvoeren en waar nodig zoals afgesproken onderling coördineren. Een gestandaardiseerde cyclus zal de verschillende partijen helpen in deze coördinatie en routekaarten en rollen waar nodig verder aanscherpen.
- **Monitoren van uitvoering Masterplan.** De voortgang van de uitvoering van het Masterplan zal op jaarlijkse basis worden bijgehouden, zodat waar nodig bijgestuurd kan worden of het Masterplan aangepast kan worden. Deze cyclus zal ook een dialoog met betrokken partijen over successen en knelpunten kunnen faciliteren, bijvoorbeeld door middel van:
 - Een jaarlijks rapport vanuit de aardwarmtesector over de staat van de sector;
 - Bijeenkomsten voor de gehele aardwarmtesector.

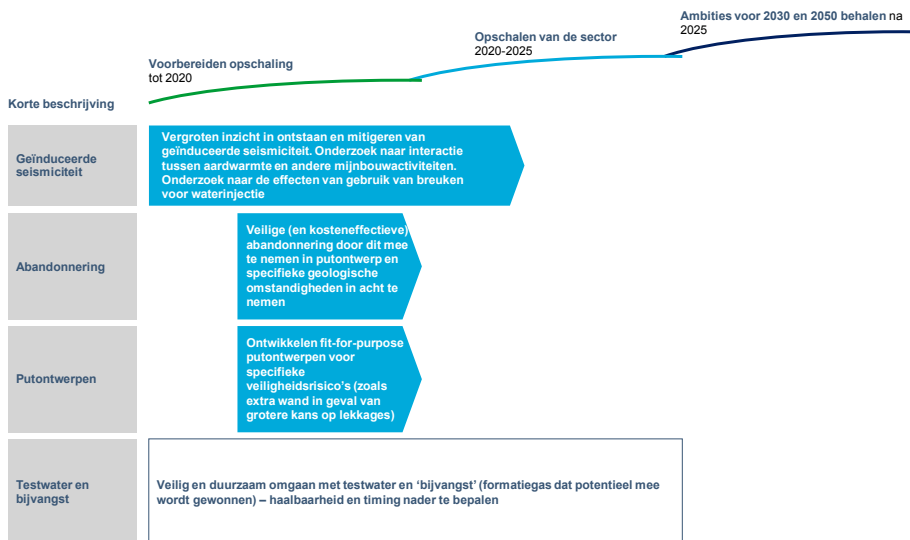
We kijken ernaar uit om dit Masterplan met vele belanghebbenden te bespreken en te verbeteren. Dit Masterplan vormt voor ons een gemeenschappelijk startpunt waar we de komende jaren op een dynamische manier op willen voortbouwen.

VI. Bijlage

Routekaart Innovatie: Kostenreductie



Routekaart Innovatie: Veiligheid en risicoreductie



Routekaart Innovatie: Waardeketenoptimalisatie



