

Whitepaper

Aardwarmte in Nederland

2023: een recordjaar, maar toch
teleurstellend

Auteurs

Jeroen van der Molen & Sjoerd Tolsma

TNO innovation
for life



Inhoud

Samenvatting [p.3](#)

Hoofdstuk 1 [p.6](#)

Inleiding

Hoofdstuk 2 [p.8](#)

Aardwarmteboringen

Hoofdstuk 3 [p.10](#)

Aardwarmtevergunningen

Hoofdstuk 4 [p.13](#)

Bovengrond & Ondergrond

Hoofdstuk 5 [p.16](#)

Aardwarmteproductie

Hoofdstuk 6 [p.18](#)

Toekomstige aardwarmteproductie

Hoofdstuk 7 [p.22](#)

Knelpunten in de ontwikkeling van aardwarmte

Hoofdstuk 8 [p.25](#)

Conclusies en aanbevelingen

Samenvatting

Uit de cijfers van het jaarverslag ‘Delfstoffen en Aardwarmte in Nederland 2023’ blijkt dat in 2023 een recordaantal van 13 aardwarmteboringen is gezet, terwijl de jaarlijkse aardwarmteproductie maar met 1% is gestegen tot 6,88 PJ. Dit lijkt tegenstrijdig. TNO-AGE analyseerde daarom de cijfers uit het jaarverslag, waarbij onder andere werd gekeken naar de effectiviteit van aardwarmteproductie. Ook zijn vijf productieprognoses opgesteld om een beeld te schetsen van de te verwachten toekomstige aardwarmteproductie in Nederland en of de ambities voor 2030 haalbaar zijn.

De ambities zijn groot: de Rijksoverheid streeft ernaar om in 2030 jaarlijks 15 PJ aan aardwarmte te winnen, de aardwarmte-sector zet in op 40 tot 50 PJ per jaar. Volgens de in dit rapport gepresenteerde productieprognoses is deze ambitie van de sector onhaalbaar. In twee van de vijf prognoses wordt wel de ambitie van de Rijksoverheid gerealiseerd. Deze twee prognoses zijn echter zeer optimistisch, met 100% slagingskans per project én daadwerkelijke realisatie van de per project verwachte vermogens. Dit wordt niet realistisch geacht, omdat zowel op korte als lange termijn meerdere knelpunten spelen die een versnelde groei van aardwarmteproductie in Nederland belemmeren.

1

Een eerste knelpunt wordt gevormd door **de hoge investeringskosten in combinatie met een relatief hoog projectrisico**. Deze combinatie maakt investeren minder aantrekkelijk, wat de realisatie van nieuwe installaties vertraagt. In het verleden werden bankleningen voorafgaand aan de realisatiefase van een aardwarmteproject uitgekeerd. Sinds ongeveer 2020 gebeurt dat achteraf. Dit heeft tot gevolg dat aardwarmtemaatschappijen meer eigen kapitaal moeten inbrengen om de boring, het bouwen van de bovengrondse installatie en eventueel een warmtenet te bekostigen. Dit vergroot het financiële risico dat de maatschappijen moeten nemen. Ook vertraagt het de warmtelevering, omdat de periode tussen de boor- en productiefase langer wordt. Desondanks zijn de investeringskosten wel relatief gunstig als gekeken wordt naar het uiteindelijke geïnstalleerde vermogen. De kosten zouden bovendien verlaagd kunnen worden door

onconventionelere puttechnieken te gebruiken, zoals horizontaal boren door een reservoir. Ook zouden aardwarmtemaatschappijen meerdere projecten direct achter elkaar ('back-to-back') kunnen boren. Beide opties reduceren uiteindelijk de kostprijs, maar beiden vereisen ook een nog grotere inbreng van eigen kapitaal in de realisatiefase, wat het financiële risico nog verder verhoogt. Dat maakt deze opties niet aantrekkelijk als oplossing voor het reduceren van het projectrisico. Om het wegvallen van bankfinanciering vóór de boorfase te compenseren, en daarmee het financiële risico te verlagen, zouden de maatschappijen wellicht met een investeringssubsidie ondersteund kunnen worden. Bijvoorbeeld door de huidige SDE++ regeling aan te passen en/of een **CAPEX subsidie** in te voeren die de aanlegkosten (deels) dekt.

2

Een tweede knelpunt dat op korte termijn een negatief effect heeft op de geambieerde versnelde groei van de aardwarmteproductie, is het **moeizaam tot stand komen van aardwarmtelevering aan de gebouwde omgeving**. Dit

heeft meerdere redenen. Zo opereren aardwarmte-installaties het beste met een stabiele warmteproductie. Dit sluit niet goed aan bij de variabele warmtevraag van de gebouwde omgeving: deze kent vergeleken met de glastuinbouw veel meer warmteaansluitingen met elk een eigen variatie in warmtevraag dat bovenop de seizoenseffecten komt. De aardwarmte-installaties voor de gebouwde omgeving kunnen hierdoor minder effectief op vol vermogen draaien. Dit is ongunstig voor de kostprijs van de geleverde energie voor de gebouwde omgeving. Om aardwarmtelevering te laten slagen in de gebouwde omgeving is het van belang dat de aardwarmtewinning als basislast van een warmtenet acteert. Om de variëteit in warmtevraag op te vangen kan een aardwarmte-installaties aan een hoge temperatuuropslag (HTO) koppelen; die kan als buffer fungeren om de seizoensafhankelijke variatie in warmtevraag op te vangen.

De realisatie van veel warmtenetten in de gebouwde omgeving ligt stil in afwachting van de invoer van de Wet Collectieve Warmtevoorziening. Om de aanleg van warmtenetten uit het slop te trekken is er meer duidelijkheid nodig over (de gevolgen van) de wetgeving vanuit de Rijksoverheid. Ook netcongestie speelt de ontwikkeling van aardwarmtewinning parten, niet alleen in de productiefase maar ook in de boorfase. Hierdoor kan geen elektrische boortoren worden gebruikt en het gebruik van diesel-gedreven boortorens is minder wenselijk vanwege de (stikstof)uitstoot. Het is van belang dat aardwarmte als een congestieverzachter wordt gezien om prioriteit te krijgen bij de aansluiting op het elektriciteitsnet.

3

Een derde knelpunt voor de geambieerde groei is dat **bij aardwarmtewinning vooraf nog niet bekend is hoeveel aardwarmte precies geproduceerd zal kunnen worden**. Dat is o.a. sterk afhankelijk van de geologische eigenschappen van de

gesteentelaag waaruit het warme water wordt opgepompt. Maar de eigenschappen van de ondergrond van nieuw aan te leggen systemen zijn niet altijd goed bekend. Om deze onzekerheid te verkleinen zijn exploratieactiviteiten nodig, zoals de acquisitie van nieuwe (3D) seismiek of het zetten van exploratieboringen. Om meer zicht te krijgen op de aardwarmtepotentie van gebieden waarvan nog onvoldoende ondergrondgegevens gegevens beschikbaar zijn, is momenteel een boorcampagne gaande in het kader van het door de Rijksoverheid ondersteunde **SCAN programma**. Het is belangrijk dat dergelijke exploratieactiviteiten worden voortgezet. De sector geeft aan dat dat voor hen niet aantrekkelijk is vanwege de bijkomende investeringskosten. Om het aantrekkelijker te maken zou enerzijds financiële ondersteuning en anderzijds transparante en versnelde vergunningverlening vanuit zowel de Rijksoverheid als de decentrale overheden helpen. Tegelijkertijd zouden aardwarmtemaatschappijen kunnen overwegen om te investeren in gezamenlijke exploratieactiviteiten om de kosten te spreiden.

Terwijl gebieden met een matige tot slechte potentie voor aardwarmte niet zo interessant zijn voor conventionele aardwarmteproductie, zouden deze gebieden mogelijk wel interessant kunnen zijn voor onconventionele winning zoals bijvoorbeeld een gesloten aardwarmte-systeem. Om te onderzoeken of dergelijke warmtewinning daadwerkelijk potentie heeft, is het nodig dat zowel de sector als de Rijksoverheid blijven investeren in kennis over nieuwe methodieken om warmte uit de aarde te winnen. Tegelijkertijd moet een dergelijke investering niet ten koste gaan van de ontwikkeling van conventionele aardwarmtewinning.

Op basis van de analyses die in dit rapport zijn opgenomen, is de verwachting dat de hoeveelheid aardwarmtewinning in ieder geval tot en met 2030 zal groeien. Dit zal met name plaatsvinden in de glastuinbouw en, vanwege de genoemde knelpunten, in mindere mate in de gebouwde omgeving. Op basis van de in de afgelopen jaren gezette aardwarmteboringen en het in productie komen van aardwarmte-installaties, is de verwachting dat de

ambitie van de Rijksoverheid (15 PJ aan aardwarmtewinning in 2030) gehaald kan worden. Om verdere groei van aardwarmtewinning in Nederland te bevorderen dient de complexiteit van aardwarmtelevering in de gebouwde omgeving opgelost te worden en zal er in de ondergrond verder geëxploreerd moeten worden naar potentiële reservoirs voor aardwarmtewinning.

Hoofdstuk 1

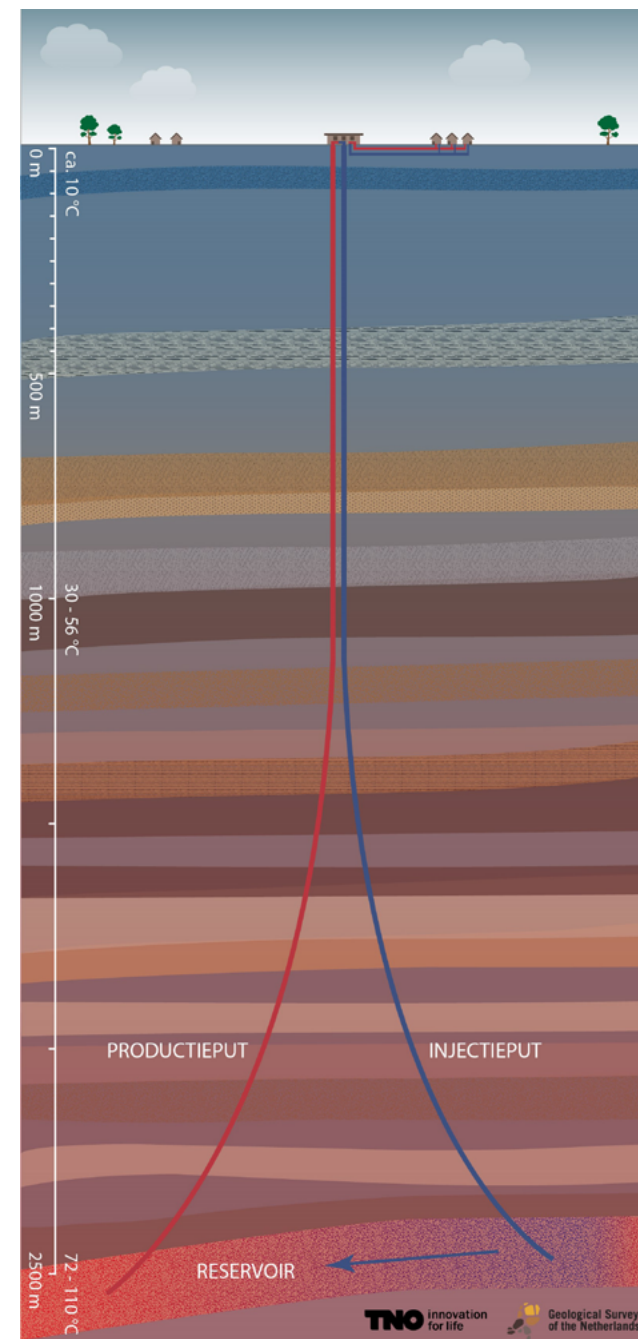
Inleiding

1.1 Wat is aardwarmte?

Bij de winning van aardwarmte, ook bekend als geothermie, wordt warm water opgepompt uit een reservoir (aardlaag) in de ondergrond. Als in dit rapport over aardwarmtewinning wordt gesproken gaat het over **diepe aardwarmte** (zie onderstaand kader). In het reservoir zit het warme water in de openingen tussen de korrels van het gesteente, bijvoorbeeld een zandsteen. Het oppompen gebeurt met diepe boorgaten, ook wel putten genoemd, waarna door middel van een warmtewisselaar de warmte aan het opgepompte water wordt onttrokken (zie figuur 1.1). Het afgekoelde water wordt via een andere put weer in hetzelfde reservoir teruggevoerd. In Nederland wordt dit ook wel **conventionele aardwarmte** genoemd. Een aardwarmte-installatie bestaat doorgaans uit 2 putten: een productie- en injectieput. Dit wordt een doublet genoemd. Een installatie kan ook uit meer dan 2 putten bestaan, met extra productie- en/of injectieputten. Het uiteindelijke transport van de warmte naar de eindgebruiker vindt plaats door middel van een warmtenet. De eindgebruiker kan zijn: de glastuinbouw, de gebouwde omgeving bestaande uit woonwijken en kantoren of, afhankelijk van de temperatuur, de industrie.

De hoeveelheid warmte die een aardwarmte-installatie produceert hangt af van de temperatuur van het opgepompte water, de temperatuur van het geïnjecteerde water, en het debiet (volume water per tijdseenheid) waarmee het water wordt rondgepompt. Het debiet is afhankelijk van een aantal geologische eigenschappen, met name de dikte en permeabiliteit (doorlaatbaarheid) van de aardlaag, maar ook van operationele factoren zoals de toegepaste pompdruk en bijvoorbeeld de diameter van de put.

Figuur 1.1: Schematische weergave van een typisch aardwarmte-doublet, bestaande uit een productieput (rood) en een injectieput (blauw). Beide putten produceren dan wel respectievelijk injecteren vanuit dezelfde aardlaag. In het geval van bovenstaand voorbeeld zit deze aardlaag op ongeveer 2500 meter diepte waar het water een temperatuur heeft van rond de 80 °C.



Aardwarmtewinning is in 4 domeinen ingedeeld:

1. Bodemenergie, vaak in de vorm van een Warmte-Koude Opslag (WKO), van 0 tot 500 meter diep, met een temperatuur van ongeveer 30 °C. De temperatuur wordt in het vervolg opgekrikt naar ongeveer 50 tot 60 °C.
2. Ondiepe aardwarmte, van 500 tot 1500 meter diep, met een temperatuur tussen de 30 °C en de 55 °C. Indien nodig wordt ook hier een warmtepomp toegepast.
3. Diepe aardwarmte, van 1500 tot 4000 meter diep, met een temperatuur van 55 °C tot 120 °C.
4. Ultradiepe aardwarmte, van meer dan 4000 meter diepte, met temperaturen van meer dan 120 °C.

1.2 Waarom aardwarmte?

Aardwarmte is een duurzame bron van warmte, waarbij de warmte wordt benut van water dat uit de diepe ondergrond

afkomstig is. Doordat het diep uit de ondergrond komt heeft aardwarmtewinning geen last van weers- of seizoenseffecten. Daarbij blijft de temperatuur van het geproduceerde water gedurende meerdere decennia nagenoeg constant. Uiteindelijk zal de aardlaag waaruit wordt gewonnen lokaal afkoelen en zal het afgekoelde gebied de productieput bereiken. Vanaf dat moment wordt het geproduceerde water lager van temperatuur. Indien de temperatuur zo laag wordt dat de winning van warmte niet meer economisch is en de installatie wordt stilgelegd, zal het water in de ondergrond door opwarming vanuit de aarde weer langzaam op de originele temperatuur komen. Door het duurzame karakter van aardwarmte is de uitstoot van CO₂ en andere emissies zeer beperkt¹.

Diepe aardwarmtewinning kan relatief grote vermogens aan warmte leveren doordat de toegepaste debieten en temperatuur van het water meestal vrij hoog zijn. Recent gerealiseerde aardwarmte-installaties kunnen tussen de 15 tot 20 MW_{th} aan geïnstalleerd vermogen leveren. Hiermee kan bijvoorbeeld een woonwijk verwarmd worden. Ter vergelijking,

aquathermie kan tot ongeveer 1 MW_{th} leveren². De temperatuur van het door aardwarmtewinning geproduceerde water ligt doorgaans in hetzelfde bereik als dat van warmtenetten. In combinatie met de relatief hoge vermogens is het in veel gevallen niet nodig om bij aardwarmtewinning een warmtepomp in te zetten, wat een groot verschil maakt in het elektriciteitsverbruik. Hierdoor is aardwarmte vaak energetisch voordeliger dan andere duurzame warmtebronnen zoals aquathermie.

1.3 Aardwarmte ambities Nederland

In de afgelopen 2 decennia heeft de ontwikkeling van aardwarmtewinning in Nederland een flinke sprong gemaakt. Na realisatie van de eerste installatie in 2007 staat de teller inmiddels op 32 installaties³. Aardwarmte kan een belangrijke bron zijn in de verduurzaming van de warmtevraag van o.a. de gebouwde omgeving en de glastuinbouw. Zowel door de Rijksoverheid als de aardwarmtesector zijn ambities uitgesproken om het aandeel van aardwarmte in de warmtevoorziening de komende jaren sterk te laten groeien.

In 2018 is door de Rijksoverheid de ambitie⁴ gesteld dat er in 2030 15 petajoule (PJ) per jaar aan warmte zal worden geproduceerd door ongeveer 75 operationele aardwarmte-installaties. In 2024 is door de toenmalige Staatssecretaris Vijlbrief wederom aangegeven dat het doel is om in 2030 15 PJ aan aardwarmte te produceren⁵. Oktober 2024 heeft Minister Hermans deze ambitie wederom uitgesproken⁶.

In 2018 werd door de aardwarmtesector de ambitie⁷ uitgesproken dat er in 2030 50 PJ aan aardwarmte geproduceerd zal worden en in 2050 ruim 200 PJ. Dit vertaalt zich volgens de aardwarmtesector in ongeveer 5% van de Nederlandse warmtevraag in 2030 en 22% in 2050. In 2022 is door de sector aangegeven dat de ambitie is om in 2030 40 tot 50 PJ aan aardwarmte te produceren, waarvan 30 PJ in de glastuinbouw en 10 tot 20 in de gebouwde omgeving⁸.

¹ Dinkelman, D., Dijkstra, H., De Simon, L., Ros, J., Hanegraaf, M., Veldkamp, J.H. & Van Wees, J.D.A.M. (2021) Duurzaamheid Geothermie. Factsheet.

² Lensink, L., Eggink, E. & Schoots, K. (2024) Eindadvies Basisbedragen SDE++ 2024

³ Ministerie van Klimaat en Groene Groei (2024) Jaarverslag 2023 – Delfstoffen en aardwarmte in Nederland

⁴ Wiebes, E. (2018) Beleidsbrief geothermie

⁵ Vijlbrief, J.A. (2024) Beantwoording vragen stand van zaken geothermie

⁶ Hermans, S (2024) Stand van zaken geothermie (aardwarmte)

⁷ Stichting Platform Geothermie, DAGO, Stichting Warmtenetwerk & EBN (2018) Masterplan Aardwarmte in Nederland. Een brede basis voor een duurzame warmtevoorziening

⁸ Geothermie Nederland (2022) Geothermie. Voorzet actieplan versnelling geothermie

1.4 Jaarverslag ‘Delfstoffen en Aardwarmte in Nederland’

Elk jaar compileert de Adviesgroep Economische Zaken (TNO-AGE, afdeling van de Geologische Dienst Nederland, onderdeel van TNO) het jaarverslag ‘Delfstoffen en Aardwarmte in Nederland’⁹ dat door het Ministerie van Klimaat en Groene Groei wordt gepubliceerd. Het jaarverslag geeft onder andere een overzicht van de totale geproduceerde hoeveelheid aardwarmte door de tijd heen en legt de focus op het voorgaande jaar, in dit geval gaat het om het jaar 2023. Om het jaarverslag op te stellen worden gegevens van o.a. boringen, productiedata en vergunningen gebruikt.

1.5 Doel van het rapport en leeswijzer

Dit rapport is opgesteld om meer duiding te geven aan de in het jaarverslag 2023 gerapporteerde gegevens over aardwarmte. Daarnaast wordt een inschatting gemaakt of de in paragraaf 1.3 geciteerde ambities haalbaar zijn en welke knelpunten het moeilijker maken om die ambities te realiseren.

Eerst geeft hoofdstuk 2 van dit rapport een overzicht van de gezette aardwarmteboringen van begin 2007 tot 1 januari 2024. Het aantal boringen van 2023 wordt uitgelicht met daarbij wat dit betekent voor de te

verwachten toekomstige aardwarmteproductie. Vervolgens worden in hoofdstuk 3 de verschillende aardwarmtevergunningen en hun aantallen benoemd, waarbij wordt beschreven welke rol zij (zullen) hebben in toekomstige aardwarmteproductie. In het daarop volgende hoofdstuk 4 wordt het ondergrondse warmteaanbod naast de bovengrondse warmtevraag gezet. Vervolgens wordt in hoofdstuk 5 de geproduceerde hoeveelheid aardwarmte tot 1 januari 2024 toegelicht, met de focus op het jaar 2023 en hoe dit mogelijk te verklaren is. Hoofdstuk 6 presenteert een aantal toekomstige scenario’s inclusief productieprognoses om te kijken of de gestelde ambities zoals in paragraaf 1.3 omschreven gehaald kunnen worden. Daarbij wordt ook kort gekeken naar aardwarmteboringen en -productie in 2024 zoals nu bekend en hoe dit zich verhoudt tot 2023. Hoofdstuk 7 beschrijft knelpunten die de groei van aardwarmteproductie in Nederland momenteel in de weg zitten. Het rapport eindigt met een conclusie in hoofdstuk 8, inclusief aanbevelingen voor zowel de Rijksoverheid als de sector om aardwarmteproductiegroei te stimuleren.

⁹ Ministerie van Klimaat en Groene Groei (2024) Jaarverslag 2023 – Delfstoffen en aardwarmte in Nederland

Hoofdstuk 2

Aardwarmteboringen

2.1 Een recordaantal boringen

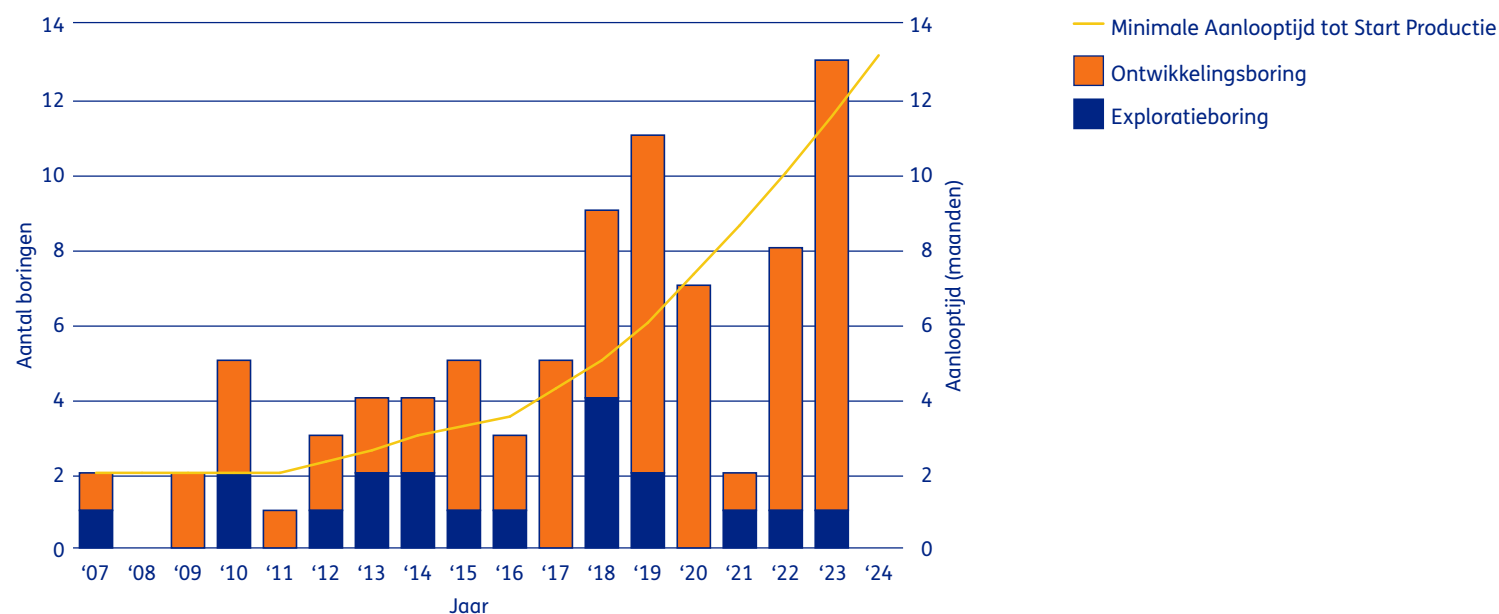
In 2023 is een recordaantal van 13 aardwarmteboringen gezet (zie figuur 2.1). Hiervan is 1 exploratieboring, deze betreft een SCAN onderzoeksboring. De 12 overige boringen zijn onderdeel van 6 toekomstige nieuwe installaties (zie figuur 2.1), die in 2023 nog niet hebben bijgedragen aan productie van aardwarmte.

Vanaf begin 2007 tot begin 2024 zijn er in totaal 86 aardwarmteboringen gezet. Bijna een kwart hiervan zijn exploratieboringen, welke in alle gevallen (behalve de hierboven genoemde SCAN boring) geleid hebben tot een operationele aardwarmte-installatie.

Aardwarmteboringen worden in 2 typen onderverdeeld:

- Exploratieboringen worden geboord om de geschiktheid van een reservoir te toetsen op economische winning van aardwarmte. Vaak wordt getracht om extra informatie van het reservoir te verkrijgen, bijvoorbeeld met boorgatmetingen. Bij aardwarmte worden exploratieboringen uiteindelijk gebruikt als productie- of injectieput van een aardwarmte-installatie.

- Ontwikkelingsboringen worden geboord naar een reeds getoetst reservoir met als doel om gebruikt te worden als productie- of injectieput van een aardwarmte-installatie.



Figuur 2.1: Overzicht van aardwarmteboringen in Nederland vanaf 2006, onderverdeeld in exploratie- en ontwikkelingsboringen. Daarbij is de minimale aanlooptijd vanaf de einddatum van de boring tot aan de startdatum van de productie weergegeven met de donkere lijn. NB: totaal aantal boringen in 2024 zijn pas 1 januari 2025 bekend.

2.2 SCAN onderzoeksprogramma

Het SCAN onderzoeksprogramma¹⁰ is opgezet in opdracht van de Rijksoverheid en wordt uitgevoerd door EBN en TNO. Het doel van SCAN is het vergaren van data en kennis van de ondergrond in data-arme gebieden, o.a. de gebieden in Nederland waar in het verleden een beperkt aantal tot geen (olie- en gas)boringen gezet zijn of waar er een gebrek is aan (gedetailleerde) seismiek. De resultaten worden vervolgens gebruikt voor het nader en specifiek in-schatten van de potentie voor aardwarmte in deze data-arme gebieden.

Het SCAN programma is in 2019 begonnen met het schieten van meerdere 2D seismische lijnen verspreid over de data-arme gebieden in Nederland. Tegelijkertijd zijn oude 2D seismische lijnen herbewerkt om het bestaande beeld van de lijn te verbeteren door het verkrijgen van meer detail. Op basis van deze seismische lijnen zijn gebieden aangemerkt die mogelijk aardlagen hebben die geschikt zijn voor het winnen van aardwarmte, maar waarvan er nog te weinig gegevens zijn om economische winbaarheid goed in te schatten. Om dit te toetsen worden er onder SCAN meerdere exploratieboringen gezet.

In 2023 is de eerste exploratieboring Amstelland-01 geboord (de exploratieboring weergegeven in figuur 2.1).

De boring is gezet net ten zuiden van Amsterdam en heeft aangetoond dat de Slochteren Zandsteen in dat gebied mogelijk potentie heeft voor een economische ontwikkeling van aardwarmte. Om deze potentie te toetsen zijn er meerdere boorgatmetingen opgenomen, is er een boorkern over het reservoir getrokken en is er een productie- en injectietest uitgevoerd¹¹.

2.3 Van boren naar productie

Nadat de boringen van een aardwarmte-installatie zijn afgerond komt de zogeheten **aanloophase**. Hierin wordt o.a. de bovengrondse installatie opgebouwd en een warmtenet aangelegd. Deze fase eindigt op het moment dat er gestart wordt met de productie van aardwarmte. Uit een data-analyse blijkt dat in de eerste 10 jaar vanaf 2007 de aanlooptijd rond de 3 maanden lag. In de opeenvolgende jaren is de aanlooptijd toegenomen naar minimaal 12 maanden (zie figuur 2.1). Dit betekent dat de 6 nieuwe aardwarmte-installaties pas ruim een jaar na afronding van de boorfase in productie zullen gaan.

Vanuit gesprekken met aardwarmtemaatschappijen komt naar voren dat één van de mogelijke redenen een uitgestelde bankfinanciering is. Tot ongeveer 2020 verstrekten banken een lening al vóór de boorfase. Door deze financiële dekking

hadden aardwarmtemaatschappijen een lager financieel risico en konden de bovengrondse werkzaamheden al voor of vlak na de boorfase uitgevoerd worden. Dit bespoedigde het opstarten van de aardwarmte-installatie. Vanaf ongeveer 2020 verstrekken de banken de lening pas ná de boorfase, als het uiteindelijke bronvermogen op basis van de putten en de vergunning bekend is en er warmtecontracten zijn afgesloten. Dit zorgt ervoor dat aardwarmtemaatschappijen over veel meer eigen kapitaal moeten beschikken om zelf de boorfase te bekostigen. Het bouwen van de bovengrondse installaties en het aanleggen van de warmtenetten brengt vervolgens een hoog financieel risico met zich mee. Om deze reden zijn maatschappijen haast genoodzaakt om de bovengrondse werkzaamheden pas uit te voeren na het verkrijgen van de bankfinanciering.

¹⁰ <https://scanaardwarmte.nl/het-programma/>

¹¹ <https://scanaardwarmte.nl/locatie-ouder-amstel/>

Hoofdstuk 3

Aardwarmtevergunningen

Met ingang van 1 juli 2023 is de Mijnbouwwet aangepast en is er voor aardwarmteprojecten een nieuw vergunningstelsel ingevoerd. Het nieuwe stelsel kent drie nieuwe typen vergunningen (toewijzing zoekgebied, startvergunning en vervolvergunning), die de voormalige opsporingsvergunning en (tijdelijke) winningsvergunning en het bijbehorende (tijdelijke) winningsplan vervangen.

Tabel 1 geeft een overzicht van de aantallen aangevraagde en van kracht zijnde aardwarmtevergunningen onder de huidige Mijnbouwwet. Dit hoofdstuk zal de verschillende typen aardwarmtevergunningen toelichten en wat de (toekomstige) rol is in aardwarmteproductie.

Tabel 3.1: Overzicht van aardwarmtevergunningen die aangevraagd of van kracht zijn, per statusdatum 1 januari 2024.

Type Aardwarmtevergunning	Aangevraagd	Van Kracht
Toewijzing zoekgebied	0	83
Startvergunning	3	18
Vervolvergunning	0	18

3.1 Toewijzing Zoekgebied

Een 'toewijzing zoekgebied aardwarmte' is een reservering van een begrensd deel van de ondergrond waar de vergunninghouder nader onderzoek kan doen naar de potentie van aardwarmte in dat gebied. Dit onderzoek kan worden gebruikt als basis voor een eventuele subsidie-aanvraag (SDE++) en om uiteindelijk een startvergunning mee aan te vragen, die benodigd is om te mogen boren en aardwarmte te winnen. Een toewijzing zoekgebied heeft een duur van 4 jaar met een optie om éénmalig met 1 jaar te verlengen.

Op 1 januari 2024 waren er 83 toewijzingen zoekgebieden van kracht (zie tabel 3.1 en figuur 3.1). Vóór 1 juli 2023 werden deze gebieden geschaard onder opsporingsvergunningen. In tegenstelling tot de voormalige opsporingsvergunning, heeft een houder van een toewijzing zoekgebied geen recht op opsporing met

behulp van een boorgat. Echter, als vóór 1 juli 2023 zowel een tijdelijk winningsplan als een tijdelijke winningsvergunning-aanvraag in behandeling was voor een te ontwikkelen aardwarmteproject in een opsporingsvergunningsgebied, dan is die opsporingsvergunning omgezet naar een toewijzing zoekgebied mét het recht op opsporing met behulp van een boorgat.

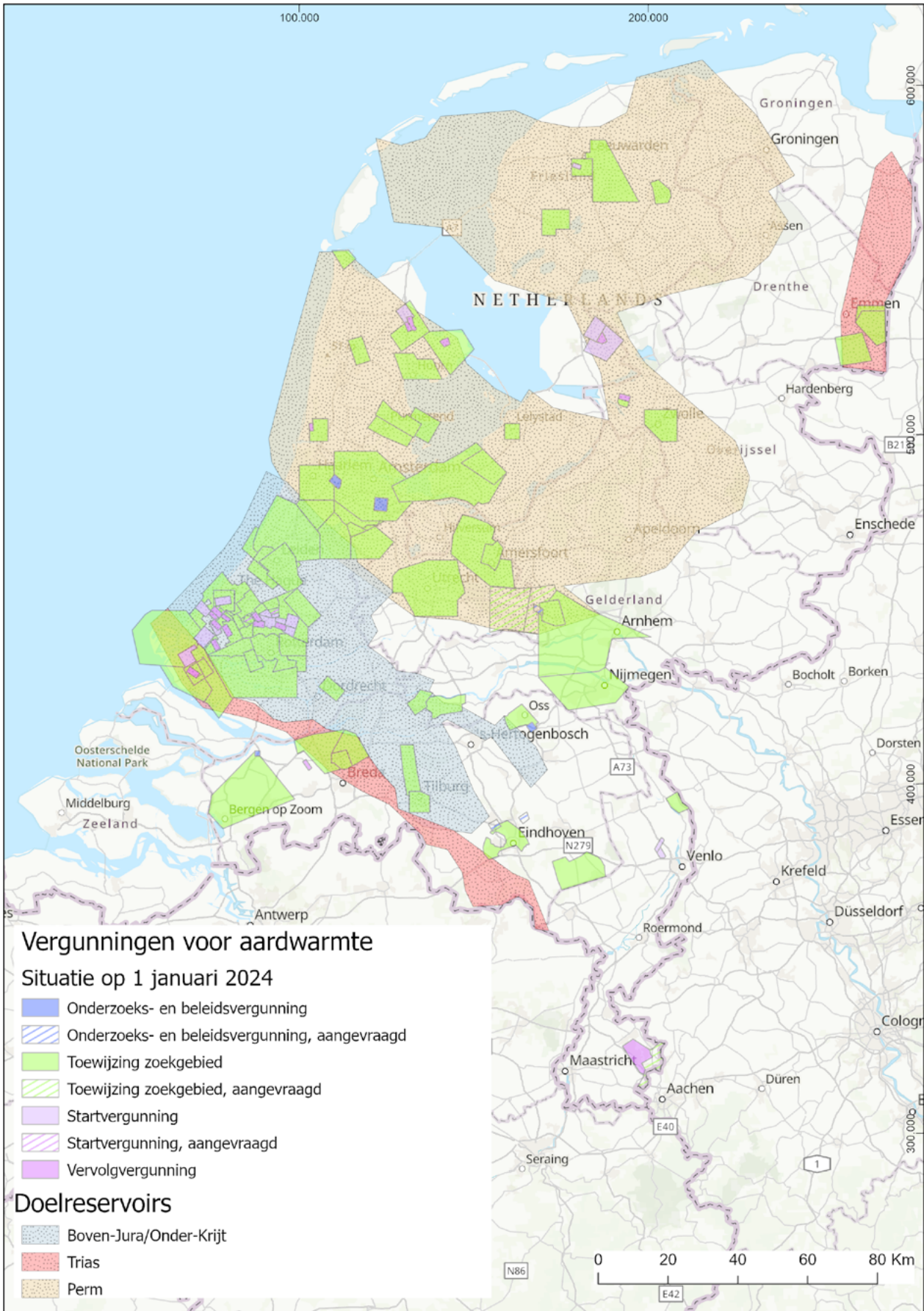
3.2 Startvergunning

Een 'startvergunning aardwarmte' moet binnen de termijn van de toewijzing zoekgebied worden aangevraagd en in principe binnen het vergunde deel van het zoekgebied. Met een startvergunning heeft de vergunninghouder het alleenrecht om in het vergunningsgebied naar aardwarmte te boren en aardwarmte te mogen winnen. De duur van een startvergunning is 2 jaar met de optie om éénmalig met 1 jaar te verlengen. Tijdens deze duur moeten de boringen gezet zijn en moet gestart zijn met de productie. Op basis hiervan kan een vervolvergunning worden aangevraagd, die langdurige winning van aardwarmte mogelijk maakt.

In de startvergunning kunnen begrenzingen op de wijze van injecteren van

het afgekoelde water worden opgelegd. Er kunnen limieten worden gesteld aan de injectiedruk, injectietemperatuur en/of debiet. Deze grenswaarden worden vastgesteld op basis van een inschatting van de geologische eigenschappen van de ondergrond en mogelijke opbouw van de put(ten). Dit wordt gedaan om het risico op scheurvorming van de afdichtende laag boven het reservoir en op eventuele geïnduceerde seismiciteit zo laag mogelijk te houden.

Op 1 januari 2024 waren 18 startvergunningen van kracht en 3 in aanvraag (zie tabel 3.1 en figuur 3.1). In 2023 hebben 4 operationele aardwarmte-installaties met een startvergunning bijgedragen aan de warmteproductie. In 3 startvergunningsgebieden zijn in 2023 nieuwe aardwarmte-installaties gerealiseerd, maar hebben nog niet bijgedragen aan aardwarmteproductie. In 6 startvergunningsgebieden zijn nog geen boringen gezet en dus nog geen aardwarmte-installaties gerealiseerd. De resterende 5 startvergunningen zijn uitbreidingen van bestaande vervolvergunningen of zijn inactief vanwege stillegging van operationele activiteiten.



Figuur 3.1: Aardwarmtevergunningen in Nederland op 1 januari 2024. Gestippelde gebieden tonen de drie primaire doelreservoirs die, voor zo ver nu bekend, in dat gebied een matige tot goede potentie bieden voor aardwarmtewinning.

3.3 Vervolgvergunning

Na initiële optimalisatie van aardwarmte-winning binnen een startvergunning moet een vervolvergunning aangevraagd worden om op lange termijn aardwarmte te mogen produceren. De duur van de vergunning is afhankelijk van de hoeveelheid te winnen warmte en van het moment waarop de koudwaterbel buiten de vergunningsgrens treedt (de limiet ligt op 1 °C afkoeling op de vergunningsgrens). Standaard wordt door een aardwarmtemaatschappij 35 jaar als duur aangevraagd.

Net als bij een startvergunning kunnen in een vervolvergunning ook begrenzungen op de wijze van injecteren opgelegd worden. Maar ditmaal zijn de putten gerealiseerd en zodoende zijn de eigenschappen van de ondergrond bekend. Op basis hiervan kunnen eventuele begrenzungen verder aangescherpt, gehandhaafd of juist opgeheven worden.

Op 1 januari 2024 waren er 18 vervolvergunningen van kracht (zie tabel 3.1 en figuur 3.1). Van deze 18 hadden 16 vervolvergunningen in 2023 een operationele aardwarmte-installatie en hebben daarmee bijgedragen aan de totale warmteproductie.

3.4 Onderzoeksvergunning

Naast aardwarmtevergunningen zijn er ook vergunningen die specifiek zijn voor onderzoeksboringen. Deze 'vergunningen voor onderzoek en centraal beleid' worden in het kader van het eerder genoemde SCAN onderzoeksprogramma aangevraagd en verleend. De beoordelingscriteria zijn gelijk aan die van een startvergunning. Een onderzoeksvergunning geeft de mogelijkheid om een exploratieboring te zetten en gegevens van de ondergrond op te halen, bijvoorbeeld door middel van het testen van specifieke aardlagen. Onder de onderzoeksvergunning mag geen warm water worden gewonnen met als doel om commercieel warmte te winnen.

Op 1 januari 2024 waren 4 onderzoeksvergunningen van kracht en 2 in aanvraag¹² (zie figuur 3.1). In 1 van deze 4 onderzoeksvergunningen is de exploratieboring Amstelland-01 gezet (zie paragraaf 2.2).

3.5 Rol van EBN in aardwarmtevergunningen

Bij de wijziging van de Mijnbouwwet op 1 juli 2023 is EBN als publiek bedrijf, en 100% staatseigendom, aangewezen om verplicht deel te nemen aan nieuwe aardwarmteprojecten in Nederland. EBN participeert als niet-operator tussen de 20 en 40% in het project, zowel als kennisdelende als financiële partner, inclusief bijbehorende financiële risico's¹³. Als uitzondering hierop kunnen maatschappijen hiertegen bezwaar maken bij een nieuwe aanvraag van een toewijzing zoekgebied. Met terugwerkende kracht kunnen ook bestaande projecten EBN uitnodigen voor deelname, maar dat is vrijwillig en tot nu toe éénmaal gebeurd¹⁴.

De insteek van verplichte deelname van EBN is om, als gemeenschappelijke deler, te participeren in de meeste aardwarmteprojecten in Nederland en daarmee kennisoverdracht te waarborgen en het financieel risico van projecten te verlagen. Vanuit de Rijksoverheid is het idee dat dit uiteindelijk zou moeten leiden tot snellere ontwikkeling van nieuwe aardwarmteprojecten.

¹² Ministerie van Klimaat en Groene Groei (2024) Jaarverslag 2023 – Delfstoffen en aardwarmte in Nederland

¹³ <https://www.ebn.nl/aardwarmte/rol-ebn-in-aardwarmteprojecten/>

¹⁴ Hermans, S. (2024) Stand van zaken geothermie (aardwarmte)

Hoofdstuk 4

Bovengrond & Ondergrond

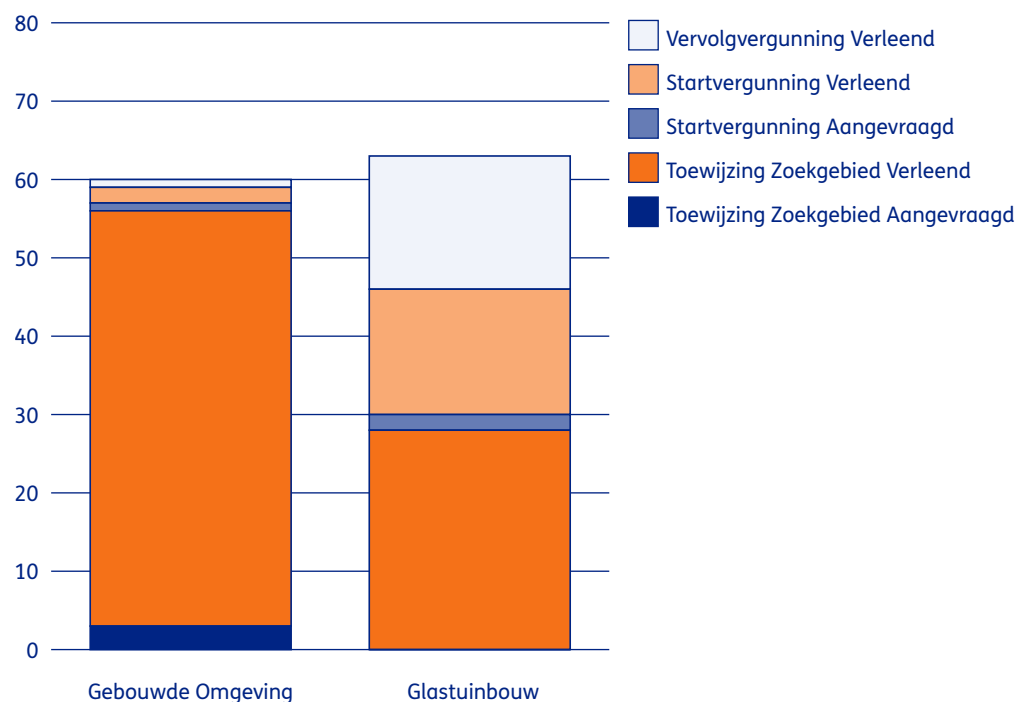
De ontwikkeling van aardwarmte hangt onder andere af van een goede match tussen de warmtevraag bovengronds en het aanbod van warmte ondergronds.

4.1 Bovengrondse warmtevraag

Figuur 4.1 toont de verdeling van de hoeveelheid aangevraagde en verleende aardwarmtevergunningen, die genoemd zijn in hoofdstuk 3, per primaire warmtevraag. De primaire warmtevraag is óf de gebouwde omgeving óf de glastuinbouw. Uit figuur 4.1 is op te maken dat de primaire warmtevraag evenredig verdeeld is qua aantal vergunningen: per primaire warmtevraag zijn er ca. 60 aardwarmtevergunningen verleend.

Als er gekeken wordt naar het type vergunning dat verleend is, dan is op te maken dat 17 van de 18 vervolvergunningen waarin een aardwarmte-installatie gerealiseerd is een primaire warmtevraag heeft vanuit de glastuinbouw. Ook 16 van de 18 startvergunningen, waarin een aardwarmte-installatie gerealiseerd is of op korte termijn gerealiseerd gaat worden, heeft een primaire warmtevraag vanuit de glastuinbouw. 53 van de 56 aardwarmtevergunningen die verleend zijn met een

primaire warmtevraag vanuit de gebouwde omgeving zijn toewijzingen zoekgebieden. Aardwarmtewinning voor de gebouwde omgeving loopt op basis van deze observatie dus sterk achter op winning voor de glastuinbouw.



Figuur 4.1: Aantallen van verschillende typen aardwarmtevergunningen, onderverdeeld in primaire warmtevraag: gebouwde omgeving en glastuinbouw. Status vergunningen is op 1 januari 2024.

Om relatief hoge vermogens te kunnen behalen met een conventionele aardwarmte-installatie dient een reservoir over het volgende te beschikken:

- Een hoge temperatuur;
 - Dit is voornamelijk afhankelijk van de diepte. De zogeheten geothermische gradiënt in Nederland is gemiddeld 31 °C/km, uitgaande van een oppervlaktetemperatuur van 10 °C.
- Een goed doorlaatvermogen (transmissiviteit). Dit is voornamelijk afhankelijk van:
 - Dikte van het reservoir;
 - Netto/bruto ratio (welk percentage van een aardlaag is van voldoende kwaliteit om warm water uit te winnen);
 - Porositeit van het reservoir (ruimte tussen de korrels van een gesteente waarin het warme water zich bevindt);
 - Doorlatendheid (permeabiliteit) van het reservoir.

4.2 Ondergrondse warmteaanbod

Om aan de warmtevraag te voldoen dient er voldoende warmteaanbod vanuit de ondergrond te zijn.

De meeste locaties in Nederland waar tot nu toe aardwarmte-installaties zijn of worden gerealiseerd (start- en vervolvergunningen in figuur 3.1) worden gekenmerkt door een a priori goede kennis van de ondergrond, gebaseerd op een goede datadichtheid en -kwaliteit. Deze grote hoeveelheid ondergronddata is het resultaat van een periode van intensieve exploratie en productie van koolwaterstoffen, die zich na de Tweede Wereldoorlog ontplooiden. Duizenden boringen zijn verspreid over Nederland gezet. In delen van Nederland waar olie- en gas werd aangetroffen is de datadichtheid groter. Grote delen van Nederland, met name de gebieden waar olie- en gas is aangeboord, worden bedekt door 3D seismiek die een gedetailleerd beeld geeft van het verloop van aardlagen en breuksystemen. Onder de Mijnbouwwet wordt de meeste van deze data openbaar beschikbaar gesteld via NLOG¹⁵. Deze data is fundamenteel geweest in het onderzoeken of de Nederlandse ondergrond geschikt is voor aardwarmtewinning en uiteindelijk in de realisatie van de 32 aardwarmte-installaties, met name in de afgelopen twee decennia.

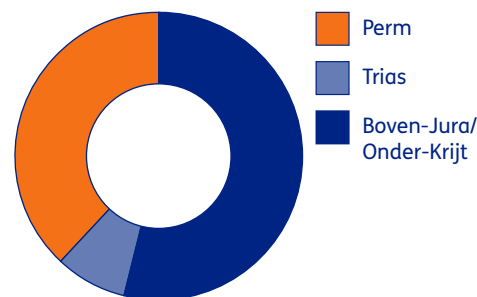
In Zuid-Holland wordt met name warm water geproduceerd uit de gesteenten van Boven-Jura/Onder-Krijt ouderdom en Trias ouderdom (zie figuur 4.2). In het noordelijk deel van de Provincie Noord-Holland en in en rondom de Noordoostpolder zijn reservoirs van Perm ouderdom de voornaamste gesteentelagen waaruit warmte wordt gewonnen.

Het kaartje in figuur 3.1 geeft de gebieden weer (gestippelde gekleurde gebieden) waar deze gesteenten voorkomen en waar, met de kennis van nu, bekend is dat ze een matige tot goede potentie hebben voor het produceren van aardwarmte¹⁶.

In figuur 3.1 zijn ook delen van Nederland waar geen doelreservoirs zijn ingetekend. Eén van de redenen is dat de datadichtheid in deze gebieden beperkt is, waardoor het onzeker is of er daadwerkelijk potentie voor aardwarmte is. De onzekerheid omtrent de te verwachte gesteente-eigenschappen van de aardlagen, zoals het doorlaatvermogen (transmissiviteit), is in die gebieden dan ook relatief groot. Dit zijn dan ook de gebieden die door het SCAN onderzoeksprogramma onderzocht worden op eventuele potentie voor aardwarmtewinning.

Het kan zo zijn dat de aardlagen die in de data-arme gebieden aanwezig zijn simpelweg niet geschikt zijn voor conventionele

aardwarmtewinning. De reservoirs kunnen bijvoorbeeld niet dik genoeg zijn en/of niet doorlaatbaar.



Figuur 4.2: Procentuele verdeling van doelreservoirs van waaruit aardwarmte-installaties in 2023 aardwarmte hebben gewonnen.

4.3 Vergroten van warmteaanbod

Tot nu toe worden in Nederland voornamelijk conventionele aardwarmte-installaties gerealiseerd, waarbij het water uit hetzelfde zandsteenreservoir wordt opgepompt en weer wordt geïnjecteerd. Vanaf ongeveer een kilometer diepte worden de boorgaten schuin geboord, veelal onder een hoek van ongeveer 45°. Door deze hoek wordt het oppervlak van de put dat contact maakt met het reservoir groter, wat bevorderlijk is voor de productie dan wel de injectie van het water. Indien een reservoir een relatief lage doorlaatbaarheid heeft, kan ervoor

gekozen worden om onconventionele puttechnieken¹⁷ toe te passen om zo het contactoppervlak te vergroten en daarmee grotere volumes water te kunnen onttrekken en te injecteren:

- De hoek van de put ten opzichte van het reservoir kan vergroot worden, of er kan zelfs horizontaal door het reservoir (parallel aan de aardlaag) geboord worden;
- Het boren van zogeheten multi-laterals, waarbij de individuele boorgaten zich vertakken in meerdere boorgaten die in het reservoir worden geboord;
- Het stimuleren van de ondergrond door middel van het creëren van scheuren in het reservoir of het oplossen van kalkcement in de poriën van het reservoir.

Het warmteaanbod vanuit de Nederlandse ondergrond kan ook vergroot worden door gebruik te maken van zogeheten gesloten systemen. Hierbij wordt een vloeistof in één of meerdere putten gecirculeerd en maakt het geen direct contact met het water dat in het gesteente zit. Het water in het gesteente wordt dan ook niet onttrokken en het vermogen is dus niet afhankelijk van de doorstroomsnelheid van het gesteente. Sterker nog, het is afhankelijk van de thermische geleidbaarheid van het gesteente die relatief hoger wordt naarmate de porositeit en doorlatendheid

¹⁵ www.nlog.nl

¹⁶ <https://www.thermogis.nl/>

¹⁷ EBN & Geothermie Nederland (2021) Integraal Kostprijsreductie Programma Aardwarmte

van het gesteente lager is. Dit maakt het toepasbaar waar conventionele aardwarmtewinning niet mogelijk is. Een groot nadeel van gesloten systemen is dat de resulterende vermogens vele malen lager zijn dan bij conventionele aardwarmtewinning.

De realisatie van een gesloten systeem in een enkele put lijkt vooralsnog niet economisch te zijn¹⁸. Een andere mogelijkheid is het realiseren van meerdere putten die in de ondergrond onderling met elkaar verbonden zijn. Als voorbeeld kan de Eavor-Loop worden genomen. Het eerste Eavor demonstratieproject, Eavor-Lite, is gerealiseerd in Canada, waar 2 putten door middel van 2 multi-laterals op enkele kilometers diepte met elkaar in verbinding zijn gebracht. Eavor heeft in Nederland inmiddels ook 4 toewijzingen zoekgebieden toegekend gekregen, waaronder de vergunning Tilburg 1. In deze vergunning is Eavor voornemens twee putten te boren, waarbij vanuit elke put 12 multi-laterals worden geboord die in de ondergrond in verbinding met elkaar komen te staan¹⁹.

¹⁸ IF Technology B.V. (2017) Single hole geothermische systemen

¹⁹ TNO, Eavor, Ennatuurlijk, Huisman (2023) ELFO: Eavor Loop Feasibility for Tilburg (Amer network) and Outlook for application in the Netherlands

Hoofdstuk 5

Aardwarmteproductie

5.1 Geproduceerde aardwarmte blijft achter

In 2023 is 6,88 PJ aan aardwarmte geproduceerd, dat is slechts 0,08 PJ (1%) meer dan in 2022 (figuur 5.1). Van 2007 tot aan 1 januari 2024 zijn er in totaal 32 aardwarmte-installaties gerealiseerd. Hiervan hebben 20 installaties in 2023 geproduceerd (waarvan 1 halverwege 2023 is uitgevallen), 6 installaties hebben het gehele jaar niet geproduceerd (waarvan 4 vanwege technische problemen en 2 zijn buiten productie gesteld) en 6 installaties zitten nog in de aanloophase (tussen de boorfase en de uiteindelijke productie-fase in). De minimale hoeveelheid die een installatie in 2023 heeft geproduceerd is 0,037 PJ, de maximale hoeveelheid is 0,886 PJ en het gemiddelde over alle operationele installaties is 0,344 PJ (figuur 5.2). Deze variatie in warmteproductie kan meerdere oorzaken hebben:

- Een installatie kan niet jaarrond hebben geproduceerd door een verlate ingebruikname of technische problemen.
- Oudere aardwarmte-installaties zijn opgebouwd met smallere putdiameters t.o.v. meer recente installaties, wat de doorstroming in de put minder efficiënt maakt.

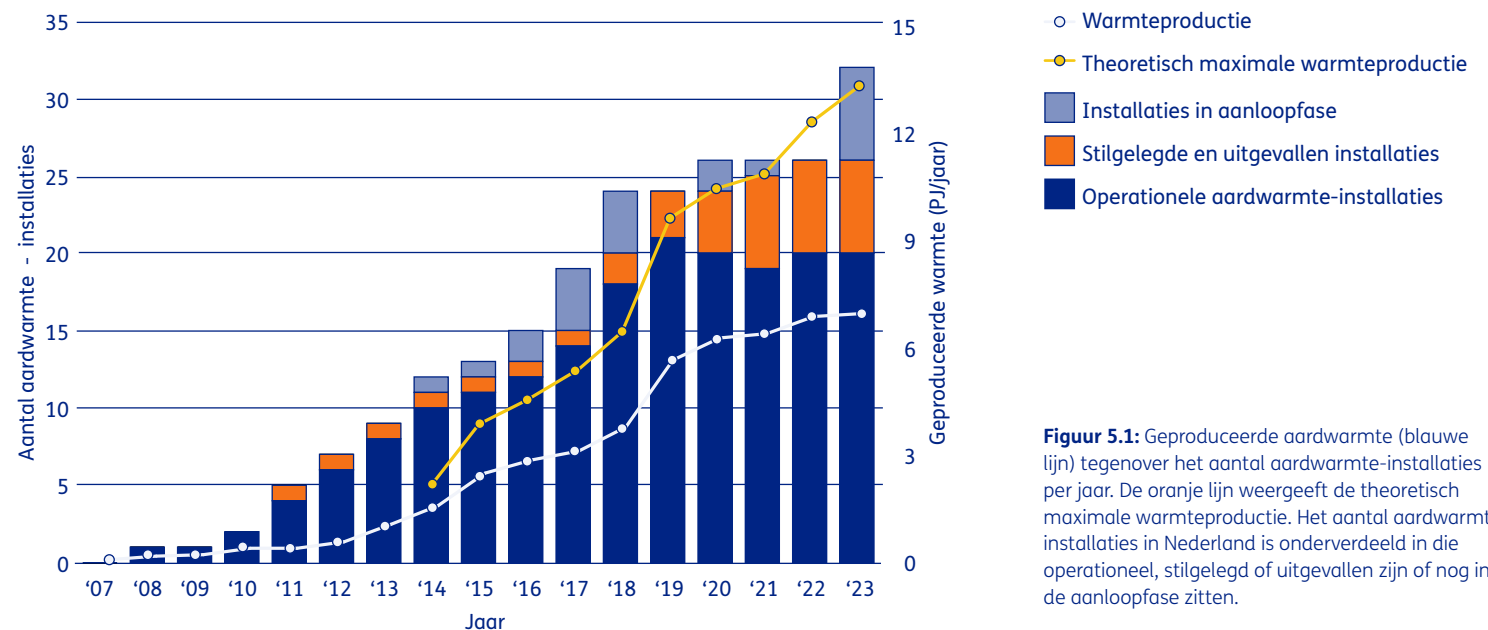
- Een installatie kan bestaan uit meer dan 2 putten, wat de totale warmteproductie doet vergroten.
- De warmtevraag per installatie is anders en de warmtevraag kan door het jaar verschillen (seizoenseffecten) en per jaar verschillen (koude of juist warme winters).
- De kwaliteit van de ondergrond verschilt per aardwarmte-installatie. Een kwalitatief goede ondergrond kan efficiënter

benut worden en daarmee relatief meer warmte leveren.

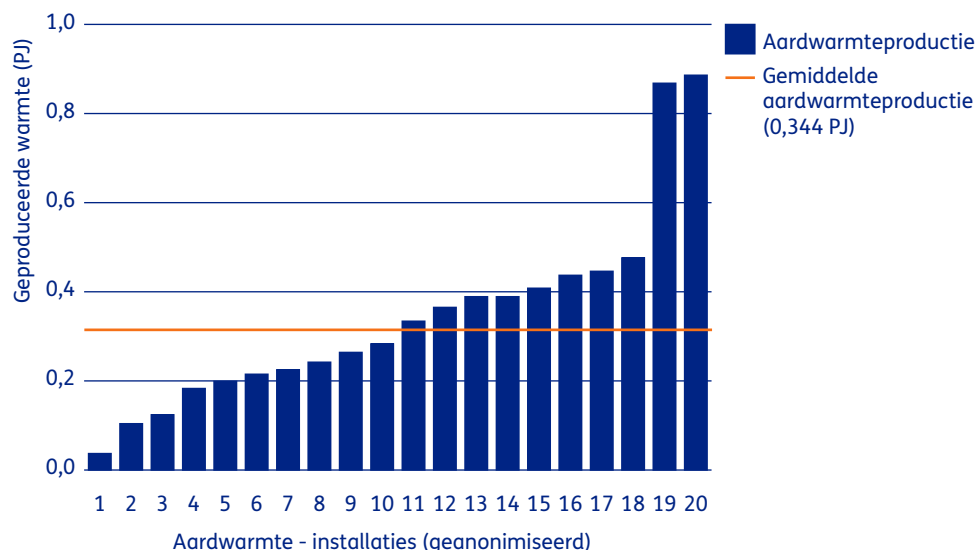
5.2 Maximaal haalbare aardwarmteproductie

Figuur 5.1 geeft onder andere de theoretisch maximale haalbare aardwarmteproductie die mogelijk is. Dit is theoretisch omdat er vanuit is gegaan dat alle installaties, behalve die nog in de aanloophase zijn, bijdragen aan de totale

productie en dat deze installaties allemaal het maximaal aantal vollasturen (8760) draaien. Hoewel dit geen realistisch scenario is, geeft de trend van de lijn duiding aan wat er jaarlijks aan extra aardwarmte geproduceerd zou kunnen worden door realisatie van nieuwe of uitbreiding van bestaande aardwarmte-installaties.



Figuur 5.1: Geproduceerde aardwarmte (blauwe lijn) tegenover het aantal aardwarmte-installaties per jaar. De oranje lijn weergeeft de theoretisch maximale warmteproductie. Het aantal aardwarmte-installaties in Nederland is onderverdeeld in de operationeel, stilgelegd of uitgevallen zijn of nog in de aanloophase zitten.



Figuur 5.2: Geproduceerde aardwarmte per installatie in 2023 ten opzichte van de gemiddelde warmteproductie.

De definitie van een vollastuur in dit rapport is een uur waarin een installatie op maximale capaciteit produceert waarbij het vermogen 100% benut wordt.

In 2023 was de theoretisch haalbare maximale warmteproductie 13,25 PJ, een toename van 1 PJ t.o.v. 2022. Het verschil tussen de maximale en de uiteindelijk gerealiseerde aardwarmteproductie laat zien in hoeverre deze extra productiecapaciteit benut wordt. In 2023 is het verschil 6,37 PJ met de werkelijke productie. Opvallend is dat het verschil tussen de theoretisch haalbare maximale warmteproductie en de werkelijke productie vanaf

2019 jaarlijks steeds groter wordt. Vanaf 2019 tot en met 2021 kan het verklaard worden door een toename in stilgelegde/ uitgevallen installaties (figuur 5.1). Na 2021 blijft het aantal operationele en stilgelegde/ uitgevallen installaties constant en neemt het verschil tussen de theoretisch maximale warmteproductie en de werkelijke productie jaarlijks toe. In paragraaf 5.3 kijken we daarom naar de effectiviteit van de aardwarmteproductie, zoals die uit de gerapporteerde cijfers valt af te leiden.

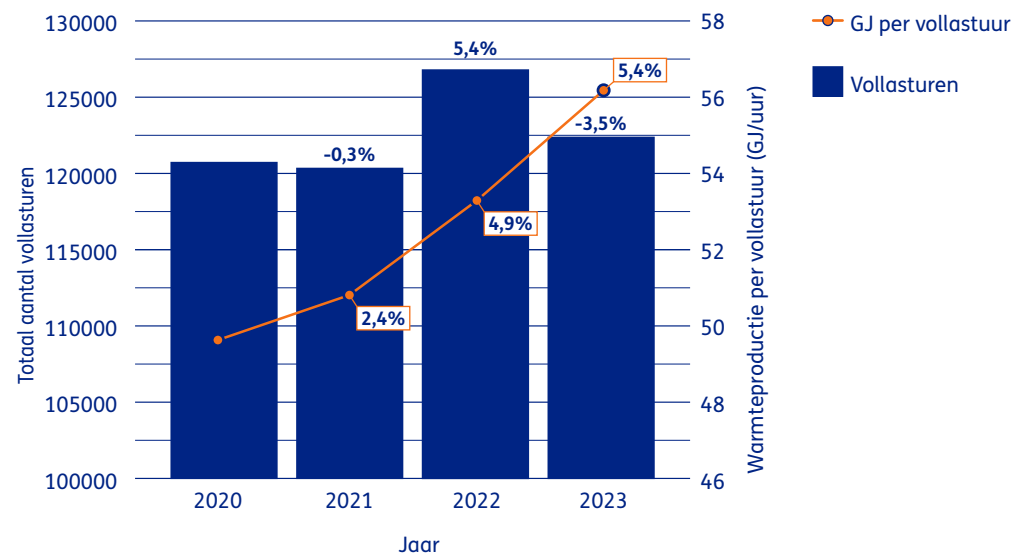
5.3 De effectiviteit van aardwarmteproductie

In figuur 5.1 is af te lezen dat in 2022 geen nieuwe aardwarmte-installaties zijn

gerealiseerd. In 2022 zijn daarentegen wel 8 aardwarmteboringen gezet (zie figuur 2.1), waarvan er 5 een uitbreiding van bestaande installaties zijn. Deze 5 putten hebben in 2023 jaarrond geproduceerd. Uitgaande van een gemiddelde warmteproductie van 0,344 PJ per doublet, zouden deze 5 putten een netto toename in warmteproductie van bijna 0,7 PJ per jaar kunnen opleveren. Dit is echter niet terug te zien in de uiteindelijke toename van 0,08 PJ in 2023 ten opzichte van 2022.

Uit een data-analyse komt naar voren dat in 2023 de aardwarmte-installaties in totaal ruim 4400 vollasturen minder (-3,5%) hebben gedraaid dan in 2022

(zie figuur 5.3). Dit kan een gevolg zijn vanwege bijvoorbeeld een lagere warmtevraag of een installatie die stil heeft gelegen vanwege onderhoud of technische problemen. De installaties hebben in 2023 gemiddeld wel meer warmte (+5,4%) per vollastuur geproduceerd. Wanneer deze twee tegen elkaar weggestreep worden resulteert dit in de uiteindelijke toename in productie van 0,08 PJ in 2023. Over alle operationele installaties is gemiddeld per installatie dus iets effectiever warmte (1%) per vollastuur geproduceerd. Indien er geen verlies van 4400 vollasturen was, dan zou de totale warmteproductie voor 2023 op 7,12 PJ gekomen, een toename van 5%.



Figuur 5.3: Het totaal aantal vollasturen per jaar en de gemiddelde warmteproductie (in Gigajoule (GJ)) per vollastuur per jaar. De annotaties geven de percentuele toe- of afnames ten opzichte het voorgaande jaar.

Hoofdstuk 6

Toekomstige aardwarmteproductie

6.1 Overzicht verschillende productieprognoses

De Rijksoverheid heeft de ambitie dat in 2030 15 PJ per jaar aan aardwarmte wordt gewonnen, afkomstig van ongeveer 75 gerealiseerde operationele systemen (zie figuur 6.1 en paragraaf 1.3). Vanuit de aardwarmtesector is de ambitie voor 2030 groter, namelijk 40 tot 50 PJ per jaar afkomstig van 175 operationele systemen.

Dit hoofdstuk presenteert een aantal prognoses voor de aardwarmteproductie tot en met 2030. Aan de hand hiervan kan een voorspelling gedaan worden of de ambities van de Rijksoverheid enerzijds en de sector anderzijds haalbaar zijn. De prognoses gaan uit van de volgende scenario's:

1. Geen versnelling van aardwarmte-winning, alleen optimalisatie van bestaande installaties.
2. Geen versnelling van aardwarmte-winning, wel extra productie vanuit nieuwe systemen die nu nog in de aanloopfase zitten.
3. Beperkte groei van aardwarmte-winning, in aanvulling op de aanloopfase.

4. Sterke groei van aardwarmte-winning door realisatie projecten met SDE++ beschikking.
5. Sterke groei van aardwarmte-winning door realisatie projecten vanuit de meeste aardwarmte-vergunningen.

De productieprognoses zijn opgesteld door middel van een deterministische aanpak. Daarbij wordt uitgegaan van een aantal scenario's die gebaseerd zijn op momenteel technische haalbaarheid en extrapolatie van huidige trends. In paragraaf 6.4 wordt ingegaan op de onzekerheden van deze prognoses.

6.2 Productieprognoses

6.2.1 Prognose 1: Optimalisatie van bestaande installaties

Mocht de realisatie van nieuwe aardwarmte-installaties geheel stilvallen, dan kan enige groei in jaarlijkse productie nog mogelijk zijn door middel van optimalisatie van bestaande operationele installaties. Ervan uitgaande dat dit net als in 2023 een continue groei van 0,08 PJ per jaar betekent, resulteert dit in een jaarlijkse warmteopbrengst van 7,44 PJ in 2030 (zie figuur 6.1 en tabel 6.1).

6.2.2 Prognose 2: Van aanloopfase naar operationele fase

Momenteel zitten 6 aardwarmte-installaties in de aanloopfase (zie figuur 5.1). Dit scenario gaat er van uit dat vanaf begin 2024 elk jaar 2 van deze installaties operationeel worden (dus tot en met 2026) en dat elk jaar gemiddeld 0,9 PJ aan extra warmte wordt geproduceerd. Deze gemiddelde energieproductie is op basis van het door de aardwarmtemaatschappij opgegeven geïnstalleerd bronvermogen. Aangezien zich momenteel niet meer dan 6 aardwarmte-installaties in de aanloopfase bevinden, worden volgens dit scenario na 2026 geen nieuwe installaties gerealiseerd. De verwachte energieopbrengsten per installatie per jaar van de installaties in aanloopfase zijn afkomstig uit de door de operator ingediende documentatie van de aanvraag startvergunning. Uitgaande van geen verdere optimalisatie van bestaande operationele installaties (zie 6.2.1), is de verwachting dat in 2030 er een totale warmteproductie is van 9,78 PJ vanuit 26 operationele installaties (figuur 6.1 en tabel 6.1).

6.2.3 Prognose 3: Beperkte groei

In prognose 2 is uitgegaan dat van 2024 tot en met 2026 per jaar 2 nieuwe installaties

operationeel worden met gezamenlijk een extra 0,9 PJ aan productie. Deze 3e prognose gaat ervanuit dat deze trend zich doorzet en vanaf 2026 tot 2030 eveneens 2 nieuwe installaties per jaar operationeel worden, waarbij ook hier jaarlijks in totaal 0,9 PJ aan extra warmte wordt gewonnen. Dit zou resulteren in 13,38 PJ aan geproduceerde aardwarmte in 2030, vanuit 34 operationele installaties (figuur 6.1 en tabel 6.1).

6.2.4 Prognose 4: Sterke groei vanuit SDE++ beschikte projecten

In deze prognose wordt aangenomen dat, in aanvulling op prognose 2, vanaf 2027 tot 2030 in vergunningsgebieden die momenteel een SDE++ beschikking toegekend hebben gekregen, 1 aardwarmte-installatie gerealiseerd wordt. De jaarlijkse energieopbrengst per installatie is afgeleid van het geothermisch vermogen zoals opgenomen in de SDE++ beschikking. Voor projecten in de gebouwde omgeving wordt uitgegaan van 3500 vollasturen per jaar, voor de glastuinbouw 6000 vollasturen. Het vermogen is bepaald aan de hand van een uitvoerige (geologische) studie.

De SDE++ is een exploitatiesubsidie, die de meerkosten van duurzame energie t.o.v. de kosten van ‘grijze’ energie (fossiele brandstoffen) overbruggt. In het geval van aardwarmte wordt de SDE++ over een periode van 15 jaar uitgekeerd.

In aanvulling op prognose 2 en met in acht neming van een aanloopfase van 1 jaar, zou prognose 4 betekenen dat er tot 2030 27 nieuwe aardwarmte-installaties worden gerealiseerd. In totaal zouden dan 53 installaties in 2030 jaarrond operationeel zijn en gezamenlijk dat jaar 19,82 PJ aan warmte produceren (figuur 6.1 en tabel 6.1).

6.2.5 Prognose 5: Sterke groei als alles meezit

Aanvullend op prognose 4 wordt er in deze prognose van uit gegaan dat in bijna alle huidige aardwarmtevergunninggebieden waar nog geen SDE++ beschikking is afgegeven en nog geen gerealiseerde installatie aanwezig is, tussen begin 2027 en eind 2029 een nieuwe installatie wordt gerealiseerd. Enkele vergunningen die zich richten op ultra-diepe geothermie zijn niet meegenomen en wederom wordt aangenomen dat er per vergunning 1 installatie wordt gerealiseerd. Dit betekent dat naast

de 27 projecten met SDE++ beschikking er nog eens 50 aardwarmteprojecten voor 2030 worden ontwikkeld.

De verwachte jaarlijkse energieopbrengst per vergunning is afgeleid uit de voorgedragen productieprognoses van de vergunninghouder. Deze productieprognoses zijn vaak op basis van een eerste orde inschatting en komen niet zozeer voort uit een gedetailleerde studie van de ondergrond zoals bij een SDE++ beschikking. Daarom is de verwachte jaarlijkse energieopbrengst van deze installaties onzekerder dan die van projecten die een SDE++ beschikking hebben. Deze prognose resulteert in 103 installaties die in 2030 jaarrond operationeel zijn en tezamen 34,52 PJ aan aardwarmte produceren (figuur 6.1 en tabel 6.1).

6.3 Resultaat

6.3.1 Ambities Rijksoverheid kunnen gehaald worden

Figuur 6.1 toont de warmteproductie volgens de verschillende prognoses tot en met 2030. De uitkomsten in 2030 worden in tabel 6.1 gegeven. In geen van de productieprognoses wordt de ambitie van de aardwarmtesector van 40 tot 50 PJ in 2030 gehaald. De ambitie van de Rijksoverheid

blijkt enkel gehaald te kunnen worden als er een sterke groei plaatsvindt in de realisatie van het aantal aardwarmteprojecten per jaar. Bij een beperkte groei van 2 nieuwe installaties per jaar wordt de ambitie van de overheid niet gehaald (13,38 PJ vs 15 PJ). Indien ervan wordt uitgegaan dat alle projecten die momenteel een SDE++ beschikking hebben inderdaad worden gerealiseerd en operationeel zijn in 2030, dan wordt de ambitie ruim gehaald (19,82 PJ vs 15 PJ). Ervan uitgaande dat in aanvulling daarop ook bijna alle andere aardwarmtevergunninggebieden een operationele installatie krijgen, dan wordt meer dan het dubbele van de ambitie gehaald (34,52 PJ vs 15 PJ).

Overigens is het opvallend dat het aantal benodigde operationele installaties om de geambieerde warmteproductie te halen in deze prognoses vele malen lager ligt dan de Rijksoverheid in 2018 dacht dat nodig was²⁰ (53 vs 75 installaties). Dit is het gevolg van een sterke groei van het gemiddelde vermogen per installatie in de afgelopen jaren.

6.3.2 Vergelijking met andere productieprognoses

In de ‘Klimaat- en energieverkenning 2024’²¹, welke is gepubliceerd door het Planbureau voor de Leefomgeving, is ook

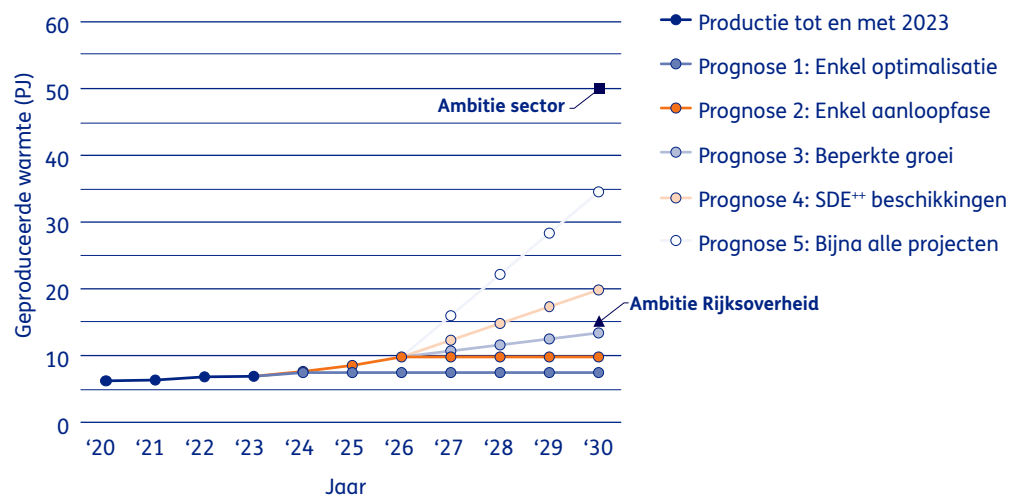
een productieprognose opgesteld. Deze prognose verwacht, op basis van de huidige SDE++ beschikkingen, dat in 2030 er 18,4 PJ aan aardwarmte gewonnen zal worden²². Deze prognose is vergelijkbaar met prognose 4 in paragraaf 6.2.4, de uitkomst verschilt echter (18,4 PJ vs 19,82 PJ) maar ligt in dezelfde orde van grootte. Dit verschil komt voort uit iets andere wijze van berekeningen om tot een totale energieproductie te komen. Zo zijn bijvoorbeeld de beschikte SDE++ vermogens van de aardwarmte-installaties die nu in de aanloopfase gebruikt in plaats van de uiteindelijke geïnstalleerde bronvermogens.

Onder het programma “Duurzaam Gebruik Diepe Ondergrond”, geïnitieerd door de Rijksoverheid, wordt de huidige en toekomstige ruimtelijke impact van de nationale mijnbouwactiviteiten in kaart gebracht. Onderdeel van deze lopende studie is het opstellen van een productieprognoses voor de verschillende mijnbouwactiviteiten. In genoemd programma wordt wederom een studie gedaan naar productieprognoses voor aardwarmteproductie, echter wordt hier een stochastische methodiek toegepast met onzekerheidsbandbreedtes rondom de verschillende prognoses.

20 Wiebes, E. (2018) Beleidsbrief geothermie

21 Planbureau voor de Leefomgeving (2024) Klimaat- en Energieverkenning 2024

22 Menkveld, M., Niessink, R. & Rovers, V. (2024) Toename aandeel hernieuwbare warmte



Figuur 6.1: Gerealiseerde en mogelijk toekomstige warmteproductie in Nederland met de operationele en mogelijk toekomstige aardwarmte-installaties, uitgaande van 100% slagingskans én realisatie van verwachte vermogens.

Ambities en productieprognoses	Aantal operationele aardwarmte-installaties	Warmteproductie (PJ) in 2030
Ambitie Rijksoverheid	75	15
Ambitie sector	175	(40 tot) 50
1. Geen versnelling, enkel optimalisatie (0,08 PJ/jaar)	20	7,44
2. Geen versnelling, enkel aanloophase	26	9,78
3. Beperkte groei (0,9 PJ/jaar)	34	13,38
4. Sterke groei met realisatie SDE++ projecten	53	19,82
5. Sterke groei met realisatie meeste projecten	103	34,52

Tabel 6.1: Overzicht van de warmteproductie in 2030 volgens de verschillende prognoses ten opzichte van de ambities van de Rijksoverheid en de aardwarmtesector.

6.4 Hoe realistisch zijn de productieprognoses?

De laatste 3 prognoses voorspellen een beperkte tot sterke groei van de jaarlijks geproduceerde hoeveelheid aardwarmte. Voor deze prognoses werd een deterministische benadering gevolgd en werden projectonzekerheden genegeerd: bij het berekenen van de te verwachte productie gaan deze prognoses ervan uit dat elk potentieel project die in een scenario wordt meegenomen wordt omgezet naar een succesvolle operationele installatie én dat bij elk project het verwachte geïnstalleerde vermogen daadwerkelijk wordt gerealiseerd. Dit is een onrealistische en zeer optimistische benadering, de werkelijkheid is natuurlijk weerbarstiger.

6.4.1 Projectonzekerheden

Per project is het onzeker of de energie-opbrengst gehaald kan worden en of dat een project überhaupt gerealiseerd zal worden. Het is bijvoorbeeld mogelijk dat de daadwerkelijke permeabiliteit anders is dan vooraf is aangenomen. Daarnaast kan het aantal vollasturen mogelijk niet gehaald worden omdat de warmtevraag tegenvalt of omdat de installatie (tijdelijk) stil ligt vanwege technische mankementen. Deze factoren hebben invloed op de jaarlijks daadwerkelijk geleverde hoeveelheid warmte van een aardwarmte-installatie.

In de laatste 2 prognoses is aangenomen dat in elke vergunning één aardwarmte-installatie wordt gerealiseerd. Een aantal vergunningen hebben qua omvang voldoende ruimte om meerdere installaties te realiseren (als de warmtevraag dat toelaat), dat betekent dat er per vergunning potentieel meer warmte gewonnen kan worden. Daar staat tegenover dat een vergunning ook kan verlopen of teruggegeven kan worden zonder dat een installatie gerealiseerd wordt en dat er dus geen aardwarmte gewonnen wordt binnen dat vergunningsgebied. In gebieden waar de potentie voor het winnen van aardwarmte groot is en er een grote warmtevraag is, blijkt het momenteel moeilijk om een aardwarmteproject succesvol te realiseren. In hoofdstuk 7 worden een aantal achterliggende redenen besproken.

6.4.2 Realiseerbaar aantal boringen

Om de productieprognoses waarin sprake is van groei te realiseren, zijn jaarlijks nieuwe putten nodig:

- Prognose 3 'Beperkte groei' gaat uit van:
 - 2 nieuwe installaties per jaar.
 - Dus minimaal 4 boringen per jaar (want iedere installatie omvat minimaal 1 productieput en 1 injectieput).

- Prognose 4 ‘Sterke groei met realisatie SDE++ projecten’ gaat uit van:
 - 27 nieuwe aardwarmte-installaties zijn gerealiseerd tot begin 2030.
 - Dus minimaal 54 boringen van begin 2024 tot aan eind 2029; voor het realiseren van deze prognose moeten gemiddeld 9 boringen per jaar worden gezet gedurende 6 jaar in totaal.
- Prognose 5 ‘Sterke groei met realisatie meeste projecten’ gaat uit van:
 - 77 nieuwe aardwarmte-installaties worden gerealiseerd tot begin 2030.
 - Dus minimaal 154 boringen van begin 2024 tot aan eind 2029; voor het realiseren van deze prognose moeten gemiddeld 26 boringen per jaar worden gezet gedurende 6 jaar in totaal.

Kijkend naar de 12 ontwikkelingsboringen in 2023 en de mogelijk 10 ontwikkelingsboringen in 2024 (zie paragraaf 6.5) lijken zowel prognose 3 en 4 boortech-nisch gezien haalbaar te zijn. Prognose 5 vereist een verdubbeling van het jaarlijkse aantal gezette ontwikkelingsboringen. Het is de vraag of dit gehaald kan worden. Ten eerste of er voldoende (elektrische) boorinstallaties beschikbaar zijn om die aantallen te realiseren. Ten tweede is het ook de vraag of het voor de verschillende aardwarmtemaatschappijen financieel haalbaar is, omdat volgens de huidige regelingen eigen kapitaal geïnvesteerd

moet worden voor de boorfase (zie paragrafen 2.3 en 7.1).

6.5 Aardwarmteboringen en -productie in 2024

Met het einde van 2024 in zicht kunnen we een korte blik werpen op het aantal boringen die in de eerste 3 kwartalen van 2024 gezet zijn, de geproduceerde aardwarmte tot nu, en hoe dit mogelijk uitpakt aan het einde van 2024.

Aan het einde van het derde kwartaal zijn 11 aardwarmteboringen gezet of worden nog geboord. Ter referentie: er zijn in 2023 13 aardwarmteboringen gezet. Twee boringen die voor een nieuwe aardwarmte-installatie gezet werden zijn wegens technische problemen vroegtijdig gestaakt. De verwachting is dat deze boringen later afgerond zullen gaan worden. Drie putten worden geboord ter vervanging van putten van 2 bestaande installaties. Een vijftal putten worden geboord die deels ter vervanging zijn van putten van 2 bestaande installaties die al een aantal jaren stil liggen en 2 boringen zijn voor een nieuwe installatie. De laatste boring is een exploratieboring onder het SCAN programma. Mochten alle boringen hervat/afgerond zijn voor het einde van 2024, dan zijn er 2 nieuwe installaties gerealiseerd, 2 oude installaties weer hersteld en 2 oude installaties waarvan verwacht wordt dat de productie van aardwarmte wordt verbeterd vanwege de nieuwe putten.

Op basis van de tot nu toe aangeleverde productiedata is de verwachting dat eind 2024 ongeveer 7 PJ aan aardwarmte is geproduceerd (voor de maanden waarvan ten tijde van publicatie van dit rapport nog geen productiedata beschikbaar zijn, is gerekend met de gegevens van afgelopen jaar). Dit zou wederom een geringe toename in productie zijn, 0,12 PJ (2%) ten opzichte van 2023. Vergelijkend met de prognoses zou dit het meeste aansluiten bij de eerste prognose, die een toename van 0,08 PJ/jaar laat zien. Echter het is de verwachting dat de nieuwe of de hernieuwde installaties, waarvoor de boringen in 2024 zijn gezet, ook operationeel zullen worden voor 2030. Dit is aanvullend op de 6 nieuwe installaties die in 2023 gerealiseerd zijn. Op basis hiervan ligt het dus in de verwachting dat ten minste prognose 2 gehaald zal gaan worden.

Hoofdstuk 7

Knelpunten in de ontwikkeling van aardwarmte

7.1 Hoge investeringskosten

Terwijl aardwarmte vergeleken met andere bronnen van duurzame warmte relatief hoge vermogens kan leveren, is tegelijkertijd een relatief forse investering nodig om de boorfase te bekostigen. De kosten daarvan zijn hoger geworden vanwege inflatie; materiaal en diensten zijn de afgelopen jaren sterk in prijs gestegen²³. Het bronvermogen is pas bekend nadat het reservoir is aangeboord en getest en daarbovenop kunnen vanuit de vergunningverlening restricties op het injectiedebiet, -druk en/of -temperatuur worden opgelegd om zo veiligheidsrisico's acceptabel te houden (zie paragraaf 3.2). Dit alles brengt onzekerheden met zich mee en kan investeerders ervan weerhouden om in aardwarmteprojecten te investeren.

Tot ongeveer 2020 verstrekten banken een lening voorafgaand aan de boorfase (zie paragraaf 2.3). Tegenwoordig wordt

een banklening voor een aardwarmteproject pas uitgegeven als het bronvermogen bekend is én de warmtecontracten met afnemers getekend zijn. Dit brengt grotere onzekerheden met zich mee terwijl de aardwarmtemaatschappijen vanwege de hogere investeringskosten genoodzaakt zijn meer eigen kapitaal te investeren.

Het veroorzaakt een groter financieel risico voor de maatschappijen dan voorheen het geval was.

Net zoals andere duurzame warmtebronnen is aardwarmte afhankelijk van een SDE++ subsidie²⁴. De gereserveerde SDE++ subsidie bedragen voor aardwarmteprojecten zijn relatief hoog, maar de subsidie-intensiviteit per niet uitgestoten ton CO₂ is gunstig ten opzichte van andere duurzame warmteprojecten²⁵. De aardwarmtesector ziet graag een vervanging of aanpassing van de huidige SDE++ subsidieregeling²⁶; zij geeft

de voorkeur aan een zogeheten CAPEX subsidie, die de aanlegkosten (deels) dekt, waarnaast de huidige SDE++ exploitatiesubsidie²⁷ kan voortbestaan, al dan niet in een afgeslankte versie voor de aardwarmtesector.

7.2 Aanvullende ondergrondgegevens nodig

Zoals in paragrafen 2.3 en 7.1 is benoemd, is het uiteindelijke bronvermogen pas bekend na het aanboren en het testen van het reservoir. Een lage datadichtheid dan wel -kwaliteit van de ondergrond uit zich in een grote onzekerheid in het verwachte bronvermogen, wat een vergrote financiële onzekerheid met zich meebrengt. Dit kan het onaantrekkelijk maken om te investeren in een aardwarmteproject.

Om de (financiële) onzekerheid te verkleinen is verdere exploratie van de ondergrond nodig door middel van bijvoorbeeld acquisitie van seismiek of het zetten van een proefboring. Momenteel is vanuit het SCAN programma (zie paragraaf

2.2) een eerste aanzet gedaan, maar de resultaten daarvan hebben een beperkte reikwijdte, namelijk tot ongeveer 10 tot 30 kilometer afstand vanaf de exploratie-locaties.

Vanuit de aardwarmtemaatschappijen is uiteindelijk additionele lokale exploratie nodig, wat extra kosten voor de maatschappijen met zich meebrengt. De maatschappijen geven in gesprekken echter aan dat dit niet aantrekkelijk is omdat het financieel rendement van aardwarmtewinning relatief laag is en dus dergelijke exploratieactiviteiten niet (snel) worden terugverdiend.

7.3 Vergunningenstelsel belemmert exploratie

Een aardwarmtemaatschappij heeft een startvergunning nodig voor het boren van een exploratieboring. De maximale duur van een startvergunning is 3 jaar (zie paragraaf 3.2). Het is echter aannemelijk dat deze duur te kort is om het hele traject te realiseren van exploratieboring tot en met een operationeel aardwarmte-

²³ Geothermie Nederland (2023) Geothermie Werkt! Beleidsplan 2024

²⁴ Planbureau voor de Leefomgeving (2024) Klimaat- en Energieverkenning 2024

²⁵ Lensink, L., Eggink, E. & Schoots, K. (2024) Eindadvies Basisbedragen SDE++ 2024

²⁶ Geothermie Nederland (2024) Reactie Geothermie Nederland op kamerbrief 'Stand van zaken geothermie (aardwarmte)'

²⁷ Geothermie Nederland (2022) Geothermie. Voorzet actieplan versnelling geothermie

installatie. Op basis van de exploratieboring en de analyse van de gegevens die daarmee worden verkregen, wordt immers het hele systeem ontworpen dat daarna nog gerealiseerd moet worden: het boren van de productie- en injectieputten, de inrichting van de productielocatie, de bovengrondse installatie en eventueel het warmtenet. Voor een adequate aanvraag van een vervolgvergunning is bovendien een langdurige testfase van de installatie nodig. Als de startvergunning komt te vervallen doordat de maximale duur bereikt is en er op dat moment nog geen aardwarmte-installatie is gerealiseerd, vervalt het gebied en daarmee het recht om te boren en te winnen. Om een nieuwe startvergunning aan te vragen dient eerst weer een toewijzing zoekgebied aangevraagd te worden, wat betekent dat de gehele procedure opnieuw gevolgd moet worden. Dit levert een vertraging van een aantal jaren op en maakt het geheel nodeloos complex en (financieel) onaantrekkelijk om verdere exploratie te doen.

7.4 Veel boringen nodig; uitgestelde bankfinanciering belemmert portfolioaanpak

Voor de geambieerde aardwarmteproductiegroei zijn in de komende jaren een groot aantal boringen nodig. Zoals uiteengezet in paragraaf 6.4.2 is het de vraag of dat aantal boringen technisch haalbaar is.

Daarnaast is boren een kostbare investering. In 2018 werd een portfolioaanpak²⁸ voorgesteld, waarbij meerdere projecten direct achter elkaar worden geboord. Dat zou een belangrijke kosten-reducerende maatregel kunnen zijn en daarmee gepaard gaan met een versnelling van de realisatie van nieuwe aardwarmte-installaties en dus een snellere groei in jaarlijkse warmteproductie. Echter; de inmiddels uitgestelde bankfinanciering (zie paragraaf 2.3) leidt ertoe dat het voor aardwarmtemaatschappijen financieel onaantrekkelijk wordt om achtereenvolgend nieuwe projecten te realiseren voordat de financiering van een lopend project definitief is. De financiële risico's van maatschappijen zouden dermate hoog worden dat deze portfolioaanpak moeilijk na te streven is, tenzij de banken de vereisten voor het geven van een lening bijstellen. Een portfolio benadering lijkt daarom niet uitgevoerd te kunnen worden terwijl die juist nodig lijkt te zijn om de ambities van de Rijksoverheid te halen.

7.5 Netcongestie vertraagt duurzame warmteopwekking

Uit gesprekken met de aardwarmtemaatschappijen komt naar voren dat netcongestie een steeds groter probleem voor de aardwarmtesector lijkt te worden. Vanwege o.a. stikstof-uitstoot wordt steeds vaker gekozen voor volledig elek-

trisch boren i.p.v. met dieselgeneratoren. Dit betekent dat een aansluiting op het elektriciteitsnet nodig is om de boortoren van stroom te voorzien. Door toenemende netcongestie dient ruimte op het net gereserveerd te worden en door wachtlijsten kan hier door de netbeheerder niet altijd op korte termijn aan worden voldaan. Dit zou betekenen dat een boring pas (veel) later uitgevoerd kan worden. Dat kan gevolgen hebben voor de doorgang van het project i.v.m. de tijdslimieten van de SDE++ beschikking en de startvergunning. Daarnaast levert het mogelijk ook problemen op met betrekking tot afgesloten warmtecontracten, die al in een vroeg stadium moeten worden opgesteld (onderdeel van de aanvraag startvergunning).

Hetzelfde probleem met netcongestie treedt op wanneer een aardwarmte-installatie opgestart moet gaan worden. De installatie heeft elektriciteit nodig om te draaien (o.a. voor de pompen) en door netcongestie kan deze elektriciteit mogelijk pas (veel) later beschikbaar zijn. Ook dit kan betekenen dat een project uiteindelijk niet door zal kunnen gaan of dat een project toch (tijdelijk) moet overschakelen naar dieselgeneratoren, wat niet wenselijk is gezien de duurzaamheidsdoelstellingen en de additionele kosten.

Voor 1 oktober 2024 was het beleid van de Autoriteit Consument & Markt (ACM) dat er geen voorrangbehandeling mag zijn bij het aansluiten op het elektriciteitsnet. Per 1 oktober is nieuwe regelgeving ingetreden waarbij netbeheerders verplicht worden om het zogeheten 'prioriteringskader' na te leven. Volgens dit kader kunnen specifieke projecten voorrang krijgen bij een aansluiting op het elektriciteitsnet²⁹. "Congestie-verzachtters", zoals batterijsystemen, worden door ACM aangemerkt om als eerste voorrang te krijgen. Instanties met betrekking tot veiligheid, zoals defensie, politie en acute gezondheidszorg krijgen daarna voorrang. De derde categorie die daaropvolgend voorrang krijgt bestaat o.a. uit onderwijsinstellingen, drinkwatervoorzieningen en warmtevoorzieningen³⁰. Het is echter niet duidelijk of de realisatie en het opereren van een aardwarmte-installatie onder één van deze prioriteringen valt. Aardwarmte-winning toegepast in een woonwijk kan als congestieverzachter worden gezien als het alternatief is dat men in die wijk individueel warmtepompen gaat gebruiken³¹. Volgens deze aanvieligroute zou aardwarmte-winning dan prioriteit nummer 1 moeten krijgen. Anderzijds wordt onder de 3e prioriteit warmtevoorzieningen genoemd, maar of dit bijvoorbeeld ook de realisatiefase betreft is niet duidelijk.

28 Veldkamp, J.G., Van Wees, J.D.A.M., Brunner, L.G., De Jong, A.P.A.M., Heijnen, L.J. & Van Langen, C. (2018) Play-based portfolio benadering, eerste inzicht in zes voordelen voor veilig en verantwoord, kosteneffectief versnellen van geothermie.

29 ACM: met flexibel gebruik meer mogelijk op vol stroomnet, voorrang voor maatschappelijke projecten | ACM.nl

30 Staatscourant 2024, 12928 | Overheid.nl > Officiële bekendmakingen (officieelbekendmakingen.nl)

31 <https://www.liander.nl/-/media/4115c1b0d0234c6a9a72093eb397347a.ashx>

7.6 Aardwarmte moeilijk in te passen in gebouwde omgeving door sterk variërende warmtevraag

Vanuit technisch en economisch op punt functioneert een aardwarmte-installatie optimaal bij een jaarrond en stabiel debiet. Idealiter wordt aardwarmte ingezet als basislast van een warmtenet, het levert de minimale warmtevraag die het overgrote deel van het jaar nodig is. Maar de warmtevraag varieert met de seizoenen: in de wintermaanden wordt veel warmte gevraagd en in de zomermaanden weinig. In de glastuinbouwsector, tot op heden de grootste afnemer van aardwarmte, wordt ook in de zomermaanden nog wel een bepaalde hoeveelheid warmte afgenomen. Dat resulteert in een kleiner verschil tussen de warmtevraag in de zomer- en wintermaanden dan bij de gebouwde omgeving, die een veel variabelere warmtevraag heeft waardoor een aardwarmte-installatie niet jaarrond stabiel kan produceren. Ook de retourtemperatuur van het water kan meer variëren bij warmtelevering aan gebouwde omgeving, wat resulteert in een schommeling van de energie die uit het opgepompte water gehaald wordt. Deze variatie in de warmtevraag brengt financiële onzekerheden met zich mee. Dit is één van de oorzaken van een trage ontwikkeling van

aardwarmte als warmteleverancier voor de gebouwde omgeving.

Mogelijk kan hoge-temperatuur opslag (HTO) een rol spelen bij het optimaliseren van aardwarmteproductie. Bij HTO³² wordt in de zomermaanden overtollig warm water dat door een aardwarmte-installatie is opgepompt in een ondiepere aardlaag opgeslagen. Met een relatief beperkt temperatuurverlies³³ kan dit opgeslagen warme water weer opgepompt worden in de wintermaanden en gebruikt worden voor de verwarming. Door deze extra buffer kan een aardwarmte-installatie jaarrond met een nagenoeg stabiel debiet warmte produceren. In Nederland is inmiddels 1 aardwarmte-installatie gekoppeld aan een HTO, deze kan volgens de infographic van EBN over een lange periode 10 MW aan aardwarmte leveren³⁴.

7.7 Complexe gang van zaken rond warmtenetten

De aanleg van stedelijke warmtenetten maakt aardwarmteprojecten voor de gebouwde omgeving complexer, met een hoger financieel risico dan projecten voor de glastuinbouw. Een voorbeeld van een dergelijke complexiteit is de huidige onzekerheid ten gevolge van de toekomstige intrede van de warmtewet³⁵, die

ervoor zorgt dat het eigenaarschap van een warmtenet voor minstens 51% in publieke handen komt. Momenteel is het merendeel van de warmtenetten in private handen (marktpartij)³⁶. Door toekomstige financiële onzekerheden voor het aanleggen en het uiteindelijk terugverdienen van de investering in een warmtenet hebben netwerkbedrijven op dit moment veel projecten om warmtenetten aan te leggen in de ijskast gezet. Daarentegen lijken vanwege de aankomende wetswijziging veel grote gemeenten juist te gaan investeren in de aanleg van warmtenetten, ongeacht de bijbehorende financiële risico's³⁷.

De gebouwde omgeving kent een groter aantal aansluitingen (o.a. huishoudens) dan in de glastuinbouw het geval is, bovendien vaak verspreid over een grotere afstand. In gesprekken met aardwarmtemaatschappijen is aangegeven dat daardoor met meer grondeigenaren afspraken gemaakt moeten worden voor de ondergrondse aanleg van het warmtenet, dit brengt meer risico met zich mee en/of kan een vertragende factor zijn in de aanleg van een warmtenet.

Nieuwbouwwoningen zijn tegenwoordig goed geïsoleerd en bestaande oudere huizen worden (in de toekomst) naar verwachting ook beter geïsoleerd. Daarnaast is de gemiddelde warmtevraag per huis-

houden gedaald o.a. ten gevolge van de gascrisis in 2022. Deels doordat de thermostaat toch bewust een graad lager wordt ingesteld, maar ook omdat de afgelopen winters vrij zacht zijn geweest. Dit betekent dat de algehele warmtevraag in een woonwijk afneemt, terwijl het warmteaanbod van een aardwarmte-installatie gelijk blijft. Om de warmtevraag aan te laten sluiten bij het aanbod is daarom een groter warmtenet met meer aansluitingen nodig en daarmee zullen de aanlegkosten verder stijgen.

Aardwarmtemaatschappijen hebben in gesprekken aangegeven dat een andere belemmering kan zijn dat in het gebied al een warmtenet aanwezig is, maar dat de gecontracteerde warmte van een andere bron afkomstig is, bijvoorbeeld restwarmte of een biomassa-centrale. Hierdoor is er contractueel gezien geen ruimte meer voor aardwarmte op het warmtenet. In de loop van de tijd kan het aanbod van restwarmte echter dalen, bijvoorbeeld door minder restafval bij een afvalenergiecentrale of het sluiten van een biomassa-centrale. Door dit dalende aanbod ontstaat dan een gat met de warmtevraag, wat aardwarmte in dat geval mogelijk kan opvullen.

32 <https://www.thermogis.nl/hoge-temperatuuropslag-hto>

33 <https://geoexpro.com/the-first-high-temperature-aquifer-thermal-energy-storage-project-in-europe/>

34 <https://www.ebn.nl/feiten-en-cijfers/kennisbank/infographic-2024/>

35 <https://nos.nl/nieuwsuur/artikel/2520528-energiebedrijven-90-procent-nieuwe-warmtenetaansluitingen-voorlopig-van-de-baan>

36 <https://warmtenetwerk.nl/nieuws/item/minister-jetten-wil-eigendom-warmtenetten-van-privaat-naar-publiek/>

37 <https://energiea.nl/gemeenten-richten-massaal-energiebedrijven-op-voor-stadswarmte/>

Hoofdstuk 8

Conclusies en aanbevelingen

De Rijksoverheid heeft als ambitie dat in 2030 15 PJ per jaar aan aardwarmte wordt geproduceerd door ongeveer 75 installaties, terwijl de aardwarmtesector ambieert dat in dat jaar 150 installaties operationeel zijn die jaarlijks 40 tot 50 PJ produceren. In 2023 is een recordaantal van 13 boringen gezet, waaronder 12 ontwikkelingsboringen voor 6 nieuwe aardwarmte-installaties die in de toekomst in productie zullen gaan. Tegelijkertijd hebben 20 aardwarmte-installaties in 2023 tezamen 6,88 PJ aan aardwarmte geproduceerd. Dat is slechts 0,08 PJ (1%) meer dan in 2022. Een vooruitblik op de totale aardwarmteproductie van 2024 geeft een verwachte 7 PJ. Dat is 0,12 PJ (ca. 2%) meer dan in 2023.

Aan de hand van vijf productieprognoses is onderzocht of en hoe deze ambities gehaald kunnen worden. De ambitie van de sector wordt in geen van de 5 scenario's gehaald. Als de aardwarmteproductie conform de trend beperkt blijft stijgen, zullen ook de ambities van de Rijksoverheid niet gehaald worden. Bij twee van de vijf scenario's kan de ambitie van de Rijksoverheid wel gehaald worden. Hierbij moet worden opgemerkt dat deze twee productieprognoses uitgaan van een 100% slagingskans waarbij tevens de verwachte vermogens daadwerkelijk gehaald worden. Dit is niet realistisch, te meer omdat op korte en lange termijn meerdere knelpunten aanwezig zijn die een versnelde groei van aardwarmteproductie belemmeren:

1

De kosten voor het realiseren van een aardwarmte-installatie zijn relatief hoog, ondanks dat de investeringskosten per geïnstalleerd vermogen relatief gunstig is vergeleken met andere duurzame warmtebronnen zoals bijvoorbeeld aquathermie. De hoge investeringskosten leiden tot een vergroot projectrisico (zie paragraaf 7.1) en dit verhindert op korte termijn de snelle uitrol van nieuwe aardwarmte-installaties en sterke toename in jaarlijkse aardwarmteproductie. De kostprijs kan op verschillende manieren worden gereduceerd, zoals:

- Vaker kiezen voor onconventionele puttechnieken die de hoeveelheid warmte die een aardwarmte-installatie levert sterk kunnen verbeteren (zie paragraaf 4.3). Dit vereist een extra investering, maar levert relatief meer op.
- Meerdere projecten achter elkaar boren ('back-to-back' boren). Momenteel is dit echter niet haalbaar vanwege de hoge investeringskosten en het wegvallen van een bankfinanciering vóór de realisatie van een aardwarmte-installatie. Vanuit de sector wordt aangegeven dat een zogeheten CAPEX subsidie benodigd is om dit op te vangen. De Rijksoverheid moet hier een rol in spelen door te onderzoeken in welke vorm de SDE++ en/of een andere vorm van subsidie de aardwarmtesector het beste kan bedienen.
- Samenwerken bij het afstemmen van boorcampagnes, waardoor verschillende aardwarmtemaatschappijen met elkaar de kostprijsreductie van 'back-to-back' boren kunnen benutten.

2

De complexiteit van warmtelevering, met name in de gebouwde omgeving, is op korte termijn één van de grootste knelpunten. Aardwarmte-installaties werken het meest optimaal bij een stabiele productie. De warmtevraag in de gebouwde omgeving is te variabel wat resulteert in een relatief laag aantal vollasturen in vergelijking met de glastuinbouw (zie paragraaf 7.7). De realisatie van aardwarmte-installaties voor warmtelevering aan de gebouwde omgeving loopt dan ook sterk achter op die van de glastuinbouw. Aanbevelingen voor een versnelde realisatie van aardwarmte-projecten (in de gebouwde omgeving) zijn:

- Aardwarmte inzetten als basislast van een warmtenet in de gebouwde omgeving, zodat variatie in warmtevraag beperkt invloed heeft op aardwarmtewinning;
- Lange termijn overeenkomsten tussen de warmteleverancier (aardwarmtemaatschappij) en de eigenaar van het warmtenet om aardwarmte zo optimaal mogelijk in te zetten als duurzame warmtebron;
- Hoge Temperatuur Opslag (HTO) inzetten die eventuele variatie in de warmtevraag kan opvangen;
- Duidelijkheid over de rol van publieke instanties maar ook private partijen als eigenaar van warmtenetten onder de toekomstige Wet Collectieve Warmtevoorziening. Door onduidelijkheid omtrent deze nieuwe wet ligt de aanleg van nieuwe warmtenetten nagenoeg stil. De Rijksoverheid dient hier een leidende rol in te pakken om duidelijkheid te verschaffen.
- Aardwarmte aanmerken als congestieverzachter zodat aardwarmtewinning voorrang krijgt bij elektriciteitsnetaansluitingen en netcongestie bij de realisatie en productie van aardwarmte-installaties geen vertragende dan wel kostbare factor kan zijn.

3

Bij realisatie van een aardwarmte-installatie is het onzeker dat het verwachte geothermische vermogen daadwerkelijk gehaald wordt, vanwege geologische eigenschappen van het reservoir. Als er geen tot weinig gegevens van de lokale diepe ondergrond beschikbaar zijn, zal de onzekerheid omtrent het verwachte bronvermogen groot zijn, wat leidt tot grotere (financiële) risico's. Dit kan op lange termijn verdere groei van aardwarmteproductie verhinderen.

- Om de onzekerheid te verkleinen zijn meer exploratieactiviteiten nodig. Ten eerste door middel van nieuwe acquisitie van (3D) seismiek om de lokale opbouw van de ondergrond en het verloop van breuken in beeld te brengen. Ten tweede door middel van exploratieboringen om de eigenschappen van de reservoirs te toetsen. Beide zijn een investering voor de aardwarmtemaatschappijen, die op dit moment terughoudend zijn om dit te doen. Om exploratieactiviteiten te ondersteunen kan gedacht worden aan:
- Ondersteuning vanuit de Rijksoverheid, enerzijds met mogelijke financiële ondersteuning (aanpassing van de huidige RNES regeling en/of deelname vanuit EBN) en anderzijds met een versoepeling in het aardwarmtevergunningstelsel van de Mijnbouwwet.
- Ondersteuning vanuit de decentrale overheden, enerzijds met financiële ondersteuning (als voorbeeld kan de provincie Noord-Holland gegeven worden die seismische acquisitie in de provincie subsidieert³⁸), anderzijds met ondersteuning bij de vergunningverlening (transparantie en versnelling in toetsing vergunningen Omgevingswet en Mijnbouwwet).
- Het heroverwegen van de huidige restricties op de duur van een startvergunning. Een mogelijkheid is om de duur van de verlenging van een startvergunning van 1 jaar te wijzigen naar 3 jaar.
- Een mogelijkheid is dat meerdere aardwarmtemaatschappijen een samenwerkingsverband aangaan om zo de kosten van exploratie, maar ook de uiteindelijke kennisdeling, te spreiden.
- Blijf als sector en overheid investeren in het opdoen van kennis van onconventionele aardwarmtewinning zodat in de toekomst mogelijk ook aardwarmte benut kan worden in gebieden met matige tot slechte ondergrondse potentie voor conventionele aardwarmtewinning. Dit kan gedaan worden door middel van onderzoeks-subsidies, maar ook door het (deels) bekostigen van een testboring. Belangrijk is dat dit uitgevoerd wordt zonder dat dit ten koste gaat van de uitrol van conventionele winning.

38 https://www.noord-holland.nl/Actueel/Archief/2024/Januari_2024/Noord_Holland_trekt_4_miljoen_uit_voor_aanvullend_onderzoek_aardwarmte

Ondanks de genoemde knelpunten is het de verwachting dat de groei van aardwarmteproductie in Nederland zal doorzetten. Voor nu is de verwachting dat de groei voornamelijk zal plaatsvinden in de duurzame warmtelevering aan de glastuinbouw. Op basis van de huidige knelpunten en het aantal boringen in de afgelopen jaren is de verwachting dat tot 2030 per jaar 2 tot 4 nieuwe aardwarmte-installaties worden gerealiseerd. Hierdoor kan de ambitie van de Rijksoverheid van 15 PJ in 2030 mogelijk gehaald worden. Om de aardwarmteproductie verder te kunnen laten groeien is het van belang dat de complexiteit van aardwarmtelevering aan de gebouwde omgeving wordt opgelost en dat in de ondergrond verder wordt geëxploreerd naar potentiële reservoirs voor aardwarmte.

Auteurs

Jeroen van der Molen & Sjoerd Tolsma



Contact

Jeroen van der Molen
Geoloog

✉ jeroen.vandermolen@tno.nl

☎ +31 6 46226839

Alle rechten voorbehouden

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

© November 2024 TNO

R12084

tno.nl