

Aardwarmte in Nederland

2024: hernieuwde groei in warmteproductie,
onzekerheid vraagt om aandacht.



TNO 2025 R11292 – 20 juni 2025

Aardwarmte in Nederland

2024: hernieuwde groei in warmteproductie,
onzekerheid vraagt om aandacht.

Auteurs	Jeroen van der Molen, Sjoerd Tolsma, Bart Davids, Harmen Mijnlieff
Rubricering rapport	TNO Public
Titel	TNO Public
Rapporttekst	TNO Public
Aantal pagina's	37 (excl. voor- en achterblad)
Aantal bijlagen	0

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.

© 2025 TNO

Samenvatting

Dit rapport geeft duiding aan de gegevens over aardwarmtewinning die worden gepresenteerd in de jaarverslagen “Delfstoffen en Aardwarmte in Nederland” van 2023 en 2024. Daarnaast is aan de hand van een nieuwe, probabilistische methode een geactualiseerde productieprognose opgesteld om de haalbaarheid van de overheidsambities te toetsen.

Aardwarmtewinning in 2024 – de cijfers

In 2024 steeg de Nederlandse aardwarmteproductie ten opzichte van 2023 met 10,2 % naar 7,49 PJ. Dat is een aanzienlijke stijging. Ter vergelijking: in 2023 steeg de productie maar met 0,5% ten opzichte van 2022. Sinds 2007 is er in totaal bijna 55 PJ aan aardwarmte gewonnen. Dit staat gelijk aan het verbruik van 1,5 miljard m³ gas en daarmee een besparing van bijna 3 miljoen ton CO₂-uitstoot.

De toegenomen groei in aardwarmteproductie is met name te danken aan een herstel van het gemiddelde aantal operationele uren per aardwarmteproductie-installatie; vergeleken met 2024 vond er in 2023 volgens de aardwarmtemaatschappijen relatief veel onderhoud plaats. Ook het gemiddeld aantal vollasturen per installatie is licht gestegen. Daarnaast werden in 2024 drie nieuwe installaties operationeel, maar die droegen nog slechts beperkt bij aan de totale aardwarmteproductie van 2024.

Het aantal afgeronde boringen daalde van 13 in 2023 naar 10 in 2024. Twee van de tien boringen zijn exploratieboringen uit het SCAN-programma. De overige acht boringen zijn gezet met het doel om nieuwe installaties te realiseren of oude installaties te herstellen. Drie van deze boringen zijn technisch mislukt en zullen in 2025 worden hervat. Uiteindelijk werd één nieuwe installatie gerealiseerd in Zoetermeer en zijn twee oude installaties, Berkel & Rodenrijs en Bleiswijk, hersteld met nieuwe putten. Deze bevinden zich in de opstartfase; de verwachting is dat deze in de loop van 2025 operationeel zullen worden.

Productieprognose: ambitie 2030 haalbaar, ambitie 2050 mogelijk niet

De ambitie van de Rijksoverheid om in 2030 15 PJ aan aardwarmte te produceren is zeer waarschijnlijk haalbaar. Dit komt naar voren uit een productieprognose, welke is berekend volgens een nieuwe methode en die in dit rapport gepresenteerd wordt. Deze methode verdeelt de aardwarmteprojecten op basis van maturiteit over zes groepen. Elke groep kent zijn eigen onzekerheden die worden gekwantificeerd met behulp van een stochastische berekeningsmethodiek. Dit leidt tot prognoses die aangeven hoe groot de kans is (90%, 50% en 10% kans) dat in een bepaald jaar een bepaalde hoeveelheid aardwarmte zal kunnen worden geproduceerd.

De ambitie om in 2050 80 PJ te produceren lijkt moeilijk haalbaar; alleen in de optimistische P10 uitkomst wordt deze ambitie (ruim) gehaald. De onzekerheid van de langetermijnprognose is groot vanwege de onzekerheden in de jaarlijks te realiseren installaties, de verwachte bronvermogens en vollasturen. Knelpunten zoals het aantal beschikbare

boortorens, netcongestie, limiet op stikstofdepositie en het moeizaam op gang komen van aardwarmtewinning ten behoeve van de gebouwde omgeving spelen daarbij een belangrijke rol.

Economische factoren hebben sterke invloed op de langetermijn productieprognoses

Naast bovengenoemde knelpunten, spelen ook economische factoren een negatieve rol bij het ontwikkelingsperspectief van nieuwe aardwarmteprojecten. De hoge projectrisico's ten gevolge van hoge investeringskosten en suboptimale subsidieregelingen vormen nog steeds een grote uitdaging voor de realisatie van nieuwe projecten met een onzekere uitkomst. De Stimuleringsregeling Duurzame Energieproductie (SDE++) is een exploitatiesubsidie die over een looptijd van 15 jaar uitbetaald wordt, over het verschil tussen de kostprijs van de gewonnen aardwarmte en de marktprijs van warmte op basis van fossiele energie. De aardwarmtesector heeft aangegeven liever een CAPEX-subsidie te zien als (gedeeltelijke) vervanging van de SDE++-subsidie. De minister heeft aangegeven dit te gaan onderzoeken.

Vooralsnog blijft de SDE++-subsidie een cruciale rol spelen voor de ontwikkeling van nieuwe projecten. De subsidie zorgt voor een sterkere economische haalbaarheid van een project, o.a. doordat de terugverdientijd van de investering wordt verkort en daarmee het project aantrekkelijker maakt voor investeerders. Op de lange termijn is er echter onzekerheid over het voortbestaan van de SDE++ subsidie. Om de impact van het eventueel wegvallen of halveren van het SDE++ budget te bestuderen presenteert dit rapport zes additionele productieprognoses. Elke prognose hanteert een andere termijn voor het wegvallen of halveren van het SDE++ budget. Deze additionele prognoses laten zien dat aardwarmteprojecten aanzienlijke vertraging kunnen oplopen. Dit heeft een significant effect op enerzijds de te verwachten jaarlijkse productie in 2050 en anderzijds de te verwachten totale warmteproductie in de periode 2025 t/m 2050.

Inhoudsopgave

Samenvatting	3
1 Inleiding	6
2 Aardwarmteboringen	7
2.1 Boringen in 2024.....	7
2.2 Putstatussen	9
3 Aardwarmteproductie	10
3.1 Groei aardwarmteproductie neemt toe	10
3.2 Minder onderhoud, meer productie	11
4 Stimuleringsregeling Duurzame Energie (SDE)	12
4.1 Van opwekken van duurzame energie naar besparen CO ₂ -uitstoot.....	12
4.2 SDE++ en de ontwikkeling van aardwarmtewinning in Nederland.....	13
4.3 Onzekerheid toekomst SDE++	13
5 Toekomstige aardwarmteproductie	15
5.1 Eerdere productieprognoses	15
5.2 Nieuwe productieprognose	16
5.3 SDE++ beleidsscenario's en de ontwikkeling van aardwarmtewinning	18
5.4 Discussie	20
6 Conclusie	25
7 Bijlage: Methode productieprognoses	26
7.1 Groepsindeling op basis van projectmaturiteit.....	26
7.2 Groep 1: Operationele installaties.....	28
7.3 Groep 2: Installaties in opstartfase	28
7.4 Groep 3: Niet gerealiseerde installaties, in (aangevraagde) startvergunning	30
7.5 Groep 4: Niet gerealiseerde installaties, in toewijzing zoekgebied, met SDE++ beschikking (in aanvraag).....	30
7.6 Groep 5: Niet gerealiseerde installaties, in toewijzing zoekgebied (in aanvraag), zonder SDE++ beschikking	31
7.7 Groep 6: Niet gerealiseerde installaties, zonder toewijzing zoekgebied en zonder SDE++ beschikking	32
7.8 Overzicht modeller parameters	34
7.9 Invloed van de SDE++ op ontwikkeling van toekomstige aardwarmtewinning	35
Ondertekening.....	36

1 Inleiding

In 2024 is het jaarverslag 2023 ‘Delfstoffen en Aardwarmte in Nederland’ gepubliceerd¹. Om meer duiding te even aan de gegevens die in dat jaarverslag waren gepubliceerd is een whitepaper² opgesteld. Hieruit komt naar voren dat ondanks een recordaantal aardwarmteboringen er maar een beperkte groei in aardwarmteproductie was ten opzichte van het jaar daarvoor. In dit whitepaper worden een aantal productieprognoses gepresenteerd om te toetsen of de ambitie van de Rijksoverheid gehaald kan worden: jaarlijks 15 PJ aan aardwarmteproductie in 2030³. Uit de prognoses blijkt dat in twee van de vijf scenario's deze ambitie inderdaad gehaald kan worden, maar dat dit sterk afhangt van een aantal knelpunten. Deze knelpunten zijn bijvoorbeeld de hoge investeringskosten van aardwarmteprojecten, de onzekerheid in het te realiseren bronvermogen, en de complexiteit van warmtelevering (met name in de gebouwde omgeving).

Uit de cijfers van 2024⁴ blijkt dat het jaar 2024 een sterkere groei in jaarlijkse aardwarmteproductie laat zien (zie hoofdstuk 3), terwijl er een daling is in het aantal gerealiseerde aardwarmteboringen (zie hoofdstuk 2). Hoofdstuk 4 gaat in op de SDE++-regeling. Daarna wordt in hoofdstuk 5 een vernieuwde productieprognose gepresenteerd en bediscussieerd. In hoofdstuk 6 worden op basis van de voorgaande hoofdstukken een aantal conclusies getrokken.

In het whitepaper² worden meer achtergronden gegeven over aardwarmte, het SCAN-programma, welke ambities er zijn en wat de huidige knelpunten kunnen zijn voor een sterke groei van jaarlijkse aardwarmteproductie:

¹ Ministerie van Klimaat en Groene Groei (2024) Jaarverslag 2023 - Delfstoffen en aardwarmte in Nederland.

² Van der Molen, J. & Tolsma, S. (2024) Aardwarmte in Nederland. 2023: een recordjaar, maar toch teleurstellend.

³ Wiebes, E. (2018) Beleidsbrief geothermie.

⁴ Voorpublicatie van het hoofdstuk ‘Aardwarmte’ uit: Ministerie van Klimaat en Groene Groei (2025) Jaarverslag 2024 – Delfstoffen en aardwarmte in Nederland.

2 Aardwarmteboringen

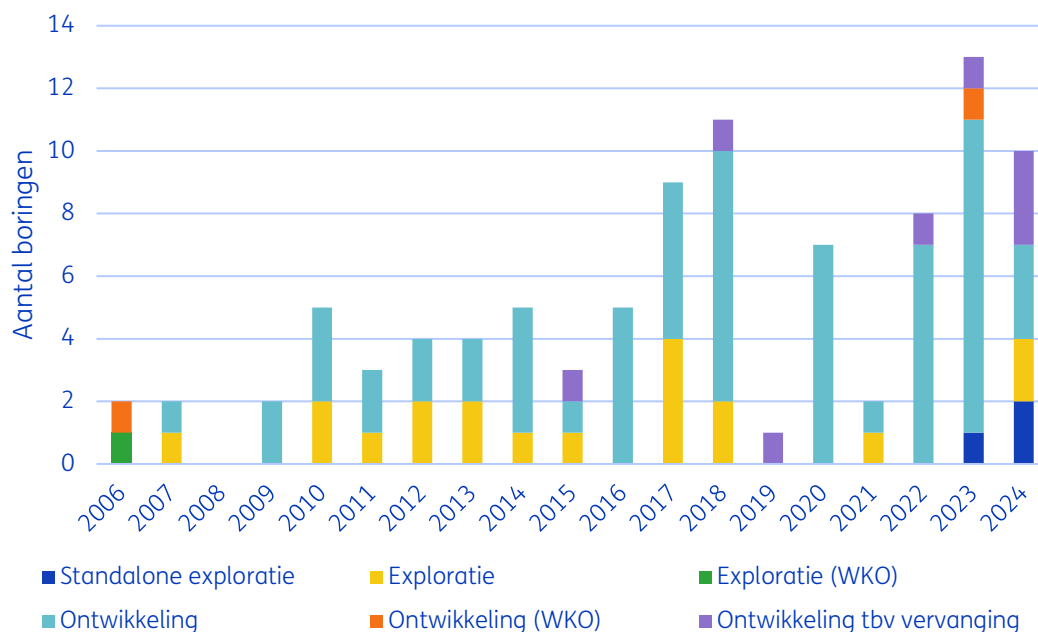
2.1 Boringen in 2024

In 2024 zijn tien aardwarmteboringen gezet (figuur 2.1). Vier daarvan zijn exploratieboringen: twee onder het SCAN programma en twee van verschillende aardwarmteproductie-installaties (tabel 2.1). De overige zes boringen zijn ontwikkelingsboringen, waarvan er drie geboord zijn om oudere putten te vervangen. De overige drie ontwikkelingsboringen zijn onderdeel van twee (beoogde) nieuwe installaties. De boringen MDM-GT-10, PLD-GT-03 en -04 zijn technisch mislukt en zullen mogelijk in 2025 hervat worden.

Resumerend hebben de tien aardwarmteboringen in 2024 geresulteerd in één nieuwe installatie en het herstel van twee oude installaties (tabel 2.1).

Tabel 2.1: Overzicht aardwarmteboringen in 2024. De installatie Zoetermeer Geothermie is een nieuw systeem. De PLD boringen zijn onderdeel van een beoogd nieuw systeem.

Aardwarmteproductie-installatie	Naam	Type	Resultaat	Opmerking
	HEE-01	Standalone exploratie	Water	SCAN boring
	ORO-01	Standalone exploratie	Water	SCAN boring
Installatie Bleiswijk	VDB-GT-101	Ontwikkeling aardwarmte t.b.v. vervanging	Water	Ter vervanging van VDB-GT-01
Installatie Berkel en Rodenrijs	VDB-GT-05	Exploratie aardwarmte	Water	Exploratie doelaquifer heeft te weinig potentie, completie over ondieper, eerder aangetoond aquifer. Ter vervanging van VDB-GT-03
Installatie Berkel en Rodenrijs	VDB-GT-06	Ontwikkeling aardwarmte t.b.v. vervanging	Water	Ter vervanging van VDB-GT-04
Zoetermeer Geothermie	VDB-GT-07	Exploratie aardwarmte	Water	Exploratie doelaquifer heeft te weinig potentie, completie over ondieper, eerder aangetoond aquifer
Zoetermeer Geothermie	VDB-GT-08	Ontwikkeling aardwarmte	Water	
MDM-GT-06 / MDM-GT-01	MDM-GT-10-S2	Ontwikkeling aardwarmte t.b.v. vervanging	Technisch mislukt	Ter vervanging van MDM-GT-06. De boring wordt mogelijk in 2025 hervat.
	PLD-GT-03-S1	Ontwikkeling aardwarmte	Technisch mislukt	Boring wordt mogelijk in 2025 hervat
	PLD-GT-04-S2	Ontwikkeling aardwarmte	Technisch mislukt	Boring wordt mogelijk in 2025 hervat



Figuur 2.1: Aardwarmteboringen van 2006 t/m 2024, onderverdeeld in type boring (zie onderstaand kader).

Standalone exploratie: een boring gericht op het onderzoeken van de aanwezigheid en kwaliteit van de potentiële aquifers voor aardwarmtewinning, waarbij het boorgat direct na de boor- en testfase wordt geabandonneerd.

Exploratie: een boring gericht op het onderzoeken van de aanwezigheid en kwaliteit van potentiële aquifers voor aardwarmtewinning, waarbij in geval van succes het boorgat hergebruikt kan worden als put in een aardwarmteproductie-installatie.

Exploratie (WKO): een boring gericht op het onderzoeken van de aanwezigheid en kwaliteit van potentiële aquifers voor aardwarmtewinning, waarbij in geval van succes het boorgat hergebruikt kan worden als put in een WKO-systeem.

Ontwikkeling: een boring gericht op een reeds bewezen aquifer voor aardwarmtewinning op die locatie. De boring zal als put onderdeel zijn van een aardwarmteproductie-installatie.

Ontwikkeling (WKO): een boring gericht op een reeds bewezen aquifer voor aardwarmtewinning op die locatie. De boring zal als put onderdeel zijn van een WKO-systeem.

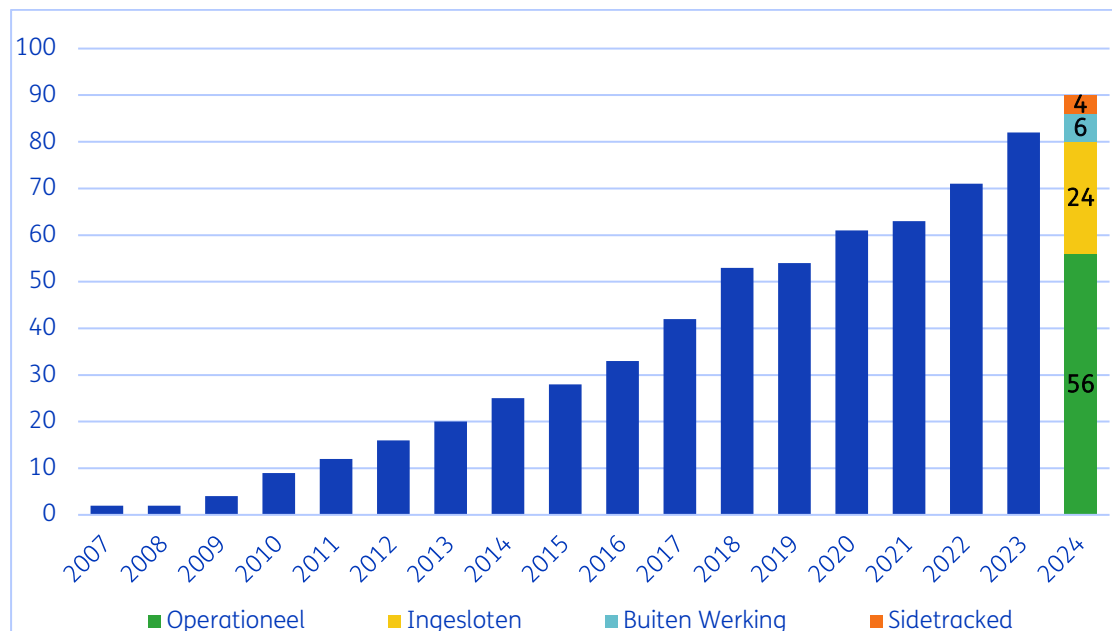
Ontwikkeling t.b.v. vervanging: een boring gericht op een reeds bewezen aquifer voor aardwarmtewinning, ter vervanging van een uitgevallen put van een eerder gerealiseerde aardwarmteproductie-installatie.

In figuur 2.1 en bovenstaand kader wordt WKO (warmte-koude opslag) genoemd. Dit omvat de installatie Mijwater Energiecentrale Heerlen. Deze valt gedeeltelijk onder de Mijnbouwwet, maar is technisch gezien een WKO en niet een aardwarmteproductie-installatie zoals verder in dit rapport behandeld wordt. Om deze reden wordt deze WKO installatie in dit rapport niet verder meegenomen.

2.2 Putstatussen

Vanaf 2006 zijn er in totaal 96 aardwarmteboringen gezet (figuur 2.1). Van dit aantal zijn er drie geboord als onderdeel van een WKO-systeem en drie zijn standalone exploratieboringen onder het SCAN-programma. De resterende 90 aardwarmteboringen zijn als (beoogde) put onderdeel van (toekomstige) aardwarmteproductie-installaties. Acht daarvan dienen ter vervanging van een eerdere put. Dit kan een geheel nieuwe put zijn of een sidetrack van een bestaande put.

In 2024 hebben zes van de 90 aardwarmteboringen de status ‘buiten werking’ (voor definities, zie onderstaand kader). Vier hebben een status sidetrack (figuur 2.2). In 2024 waren 24 aardwarmteputten ingesloten, enerzijds omdat 11 putten recent zijn gerealiseerd en nog in productie moeten komen, anderzijds omdat 13 putten niet operationeel zijn vanwege technische oorzaken of zijn stilgelegd. De overige 56 aardwarmteputten zijn in 2024 (gedeeltelijk) operationeel geweest, waarvan 27 als productieput en 29 als injectieput.



Figuur 2.2: Cumulatief aantal aardwarmteboringen van 2007 t/m 2024, zonder WKO en standalone exploratieboringen. Voor het jaar 2024 wordt daarbij de status van de putten getoond (zie onderstaand kader).

Operationeel: de put heeft in het jaar geproduceerd of geïnjecteerd.

Ingesloten: de put heeft het gehele jaar niet geproduceerd of geïnjecteerd.

Buiten werking: in de put is een barrière, zoals een cementplug, aangebracht die productie of injectie onmogelijk maakt.

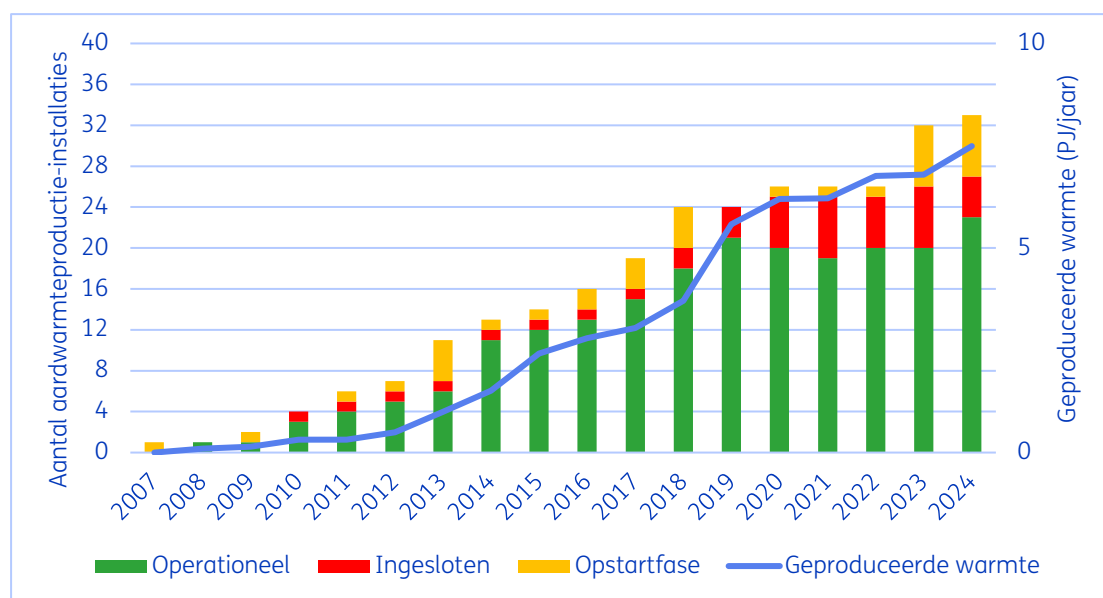
Sidetracked: De put is in het verleden operationeel geweest of waarbij getracht is de put operationeel te krijgen, maar vanwege technische problemen is dit gestaakt. In de put is een barrière aangebracht die verdere productie of injectie onmogelijk maakt. Vanuit een ondieper interval is vervolgens een aftakking geboord van waaruit wel productie of injectie plaats kan vinden (welke onder een additionele status wordt meegenomen).

3 Aardwarmteproductie

3.1 Groei aardwarmteproductie neemt toe

In 2024 is 7,491 PJ aan aardwarmte geproduceerd (figuur 3.1). Dat is een groei van 0,695 PJ (10,2%) ten opzichte van de productie in 2023. Toen was de jaarlijkse aardwarmteproductie 6,796 PJ⁵, met een groei in productie van maar 0,034 PJ (0,5%) ten opzichte van 2022.

Er zijn 23 aardwarmteproductie-installaties die in 2024 hebben bijgedragen aan de productie, drie meer dan in 2023. Verder zijn er zes installaties in de opstartfase, drie hiervan zijn er in 2024 bijgekomen (zie tabel 2.1). Vier installaties zijn ingesloten.



Figuur 3.1: Geproduceerde aardwarmte (blauwe lijn) tegenover het aantal aardwarmteproductie-installaties per jaar. Het aantal installaties in Nederland is onderverdeeld in die operationeel, ingesloten of nog in de opstartfase zijn (zie onderstaand kader).

Een installatie krijgt de status **‘operationeel’** toegekend als er over dat jaar (deels) warmteproductie wordt gerapporteerd conform art. 111 & 119 van het Mijnbouwbesluit.

Een installatie krijgt de status **‘ingesloten’** toegekend als er over dat jaar enkel productie-getallen gelijk aan 0 wordt gerapporteerd conform art. 111 & 119 van het Mijnbouwbesluit, terwijl in een voorgaand jaar of jaren wel productiegetallen groter dan 0 zijn aangeleverd.

Een installatie krijgt de status **‘opstartfase’** toegekend als de realisatie van de putten is afgerond maar er over dat jaar nog geen productiegegevens worden gerapporteerd conform art. 111 & 119 van het Mijnbouwbesluit.

⁵ NB: Op basis van een actualisatie van de aangeleverde productiedata door een aantal aardwarmtemaatschappijen, is de jaarlijkse productie van het jaar 2023 gecorrigeerd: in 2023 werd in totaal 6,796 PJ geproduceerd i.p.v. 6,88 PJ (zoals in 2024 werd gepubliceerd in o.a. het jaarverslag en het Whitepaper).

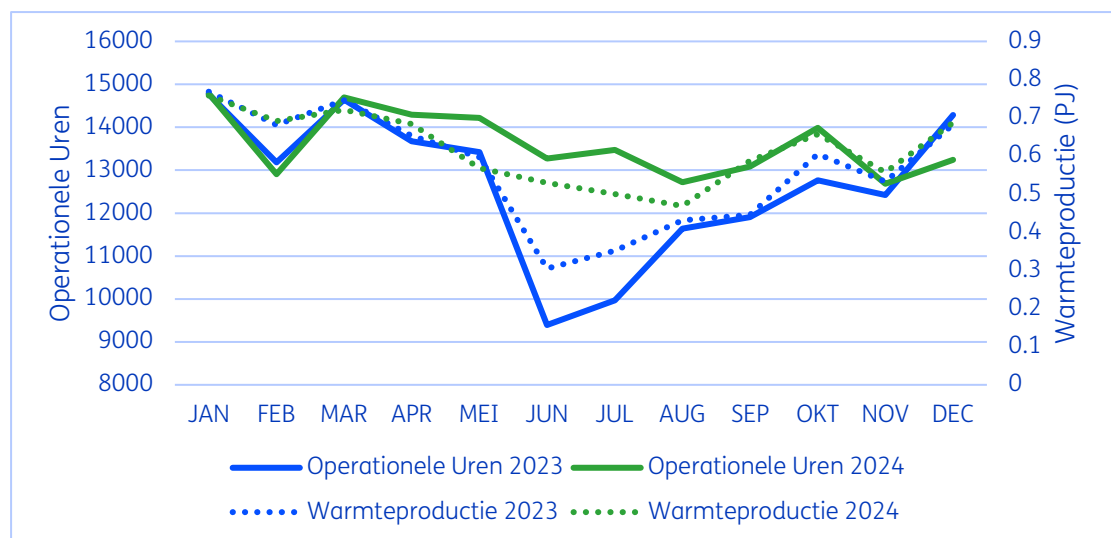
Sinds 2007 is in totaal ca. 55 PJ aan aardwarmte gewonnen. Dat staat ongeveer gelijk aan het verbruik van 1,5 miljard m³ aan gas. Hiermee is in totaal bijna 3 miljoen ton aan CO₂ uitstoot bespaard.

3.2 Minder onderhoud, meer productie

In 2023 was maar een beperkte groei van 0,5% t.o.v. 2022. In het whitepaper werd aangegeven dat er in 2023 in totaal ruim 4400 vollasturen minder waren gedraaid dan in 2022, maar dat per installatie gemiddeld wel meer aardwarmte per vollastuur werd geproduceerd (5,4%). Wat is er in 2024 veranderd dat heeft geleid tot een sterke groei in warmteproductie van ruim 10% t.o.v. 2023?

De definitie van een **vollastuur** in dit rapport is een uur waarin een installatie op maximale capaciteit produceert waarbij het vermogen 100% benut wordt. Het wordt berekend door de gerealiseerde energieproductie, bij variabele capaciteit-inzet en draaiuren, terug te rekenen naar het aantal vollasturen (wat bij het benutten van de maximale capaciteit gehaald zou zijn).

In paragraaf 3.1 is opgemerkt dat in 2024 drie nieuwe aardwarmteproductie-installaties in bedrijf zijn gegaan. De productie van deze installaties is in 2024 echter beperkt gebleven, van de 10,2% groei is 1,2% afkomstig van de productie van deze drie installaties. Dit betekent dat de overige 9% groei anders verklaard moet worden. Uit een analyse van de productiedata van de 20 aardwarmteproductie-installaties die ook in 2023 operationeel waren is op te maken dat in 2024 het aantal operationele uren met 7% gestegen is t.o.v. 2023 (figuur 3.2). Uit rapportages van diverse aardwarmtemaatschappijen komt naar voren dat er in 2023 relatief veel onderhoud plaatsvond bij meerdere installaties. Daarnaast zijn er 1848 meer vollasturen (1,7%) gedraaid dan in 2023. Dit betekent dat de installaties gemiddeld met een (iets) hogere capaciteitsfactor hebben gedraaid en er dus per operationeel uur relatief meer aardwarmte is gewonnen. In 2023 was de gemiddelde productie van de 20 operationele installaties 0,34 PJ. Dat gemiddelde is in 2024 voor dezelfde installaties gestegen naar 0,37 PJ.



Figuur 3.2: Vergelijking van het aantal operationele uren en aardwarmteproductie per maand over 2023 en 2024.

4 Stimuleringsregeling Duurzame Energie (SDE)

4.1 Van opwekken van duurzame energie naar besparen CO₂-uitstoot

De SDE (Stimuleringsregeling Duurzame Energieproductie) is ingegaan in 2008 en werd als subsidie-instrument ingezet als vergoeding van het verschil tussen de kostprijs van fossiele energie (gas) en die van duurzame energie (elektriciteit) over een looptijd van 15 jaar.

In 2011 werd de regeling aangepast (SDE+) en vanaf dat jaar werd ook duurzame warmte, inclusief aardwarmte, gesubsidieerd. In de eerste ronde in 2012 werd aan 30 aardwarmteprojecten (ook met terugwerkende kracht aan reeds gerealiseerde installaties) een beschikking afgegeven, met een totaal toegezegd vermogen van 345 MW en een toegezegd budget van 829 miljoen euro⁶.

In 2020 is de regeling nogmaals aangepast (SDE++), waarbij de grootste verandering is dat de focus van de regeling nu ligt op de besparing van CO₂-uitstoot en niet meer op de opwekking van duurzame energie. Projecten die relatief het meest efficiënt CO₂ besparen maken als eerste aanspraak op de regeling, vanaf de invoer van SDE++ is dit CCS geweest. Vanwege relatief beperkt budget en andere oorzaken werd over 2020 en 2021 maar één SDE++-beschikking afgegeven voor een aardwarmteproject. Dit leidde ertoe dat in 2022 meer budget werd gealloceerd voor de SDE++ regeling, 12 aardwarmte projecten ontvingen toen een beschikking⁷.

Vanaf 2023 zijn er zogeheten 'hekjes' in de regeling geïntroduceerd. Een hekje zorgt voor een reservering van een minimumbedrag (in dat jaar €750 miljoen) binnen een domein, zoals lage temperatuurwarmte, waar aardwarmte onder valt. In dat jaar hebben 10 aardwarmteprojecten een SDE++-beschikking ontvangen, gezamenlijk voor een toegezegd vermogen van 238,5 MW en een toegezegd budget van €1,4 miljard⁸. Er is in 2024 binnen het hekje lage temperatuurwarmte €1 miljard gereserveerd. Op het moment van schrijven heeft RVO het aantal afgegeven beschikkingen nog niet bekend gemaakt.

Momenteel zijn er in totaal 61 SDE++-beschikkingen afgegeven, waarvan 29 aan projecten die mogelijk erin in de toekomst resulteren in een operationele installatie.

⁶ RVO (2013) Jaarbericht 2012 SDE+, SDE en MEP

⁷ RVO (2023) Eindstand SDE++ 2022

⁸ RVO (2024) Eindstand SDE++ 2023

4.2 SDE++ en de ontwikkeling van aardwarmtewinning in Nederland

Aardwarmteprojecten hebben, in vergelijking met andere duurzame warmte projecten, hoge investeringskosten⁹. Tegelijkertijd kan een aardwarmteproductie-installatie relatief hoge vermogens leveren onafhankelijk van uur van de dag, weer of seizoen. Ondanks dat daarmee toegezegde SDE++ bedragen per aardwarmteproject relatief hoog zijn, is de hoeveelheid benodigde subsidie per niet uitgestoten ton CO₂ minder in vergelijking met andere duurzame warmtebronnen¹⁰.

De SDE-regeling heeft sinds 2012 de verdere ontwikkeling van aardwarmtewinning in Nederland ondersteund. Een SDE++-beschikking is een reservering van een subsidiebedrag dat wordt uitgegeven o.b.v. het P50 geothermisch vermogen, dat voorafgaand aan de boringen wordt ingeschat. De aanvraag wordt ingediend binnen een geselecteerde categorie van de SDE++-regeling, waaraan een specifiek aantal verwachte vollasturen gekoppeld is. De SDE++-subsidie is een exploitatiesubsidie, waarbij het uitgekeerde bedrag het verschil afdekt tussen de kostprijs van de gewonnen aardwarmte en de marktprijs van warmte op basis van fossiele brandstoffen (gas). Dat verschil wordt begrensd door een eerder vastgesteld basisbedrag en een basisenergieprijs¹¹. De subsidie wordt over een looptijd van 15 jaar uitgekeerd en is afhankelijk van de actuele marktprijs van warmte op basis van fossiele energie. Dit brengt een onzekerheid met zich mee over het jaarlijks te verkrijgen subsidiebedrag. Bij de ontwikkeling van een aardwarmteproject worden de meeste kosten gemaakt in de realisatiefase. De aardwarmtesector prefereert daarom een CAPEX-subsidie, die de aanlegkosten (deels) dekt¹². De CAPEX-subsidie kan (gedeeltelijk) de SDE++ exploitatiesubsidie vervangen. De Rijksoverheid heeft aangegeven dit voorstel te gaan onderzoeken en verwacht in het najaar van 2025 de bevindingen bekend te maken¹³.

Door de inzet van de huidige SDE++-subsidie wordt de verwachte terugverdientijd verkort naar 15 jaar, gelijk aan die van de looptijd van de subsidie. Een kortere terugverdientijd verlaagt het financiële projectrisico en maakt het daarmee aantrekkelijker voor investeerders, bijv. bij het verkrijgen van een banklening.

4.3 Onzekerheid toekomst SDE++

In februari 2025 is een kamerbrief¹⁴ gepubliceerd met daarin de bekendmaking van de 2025 openstelling van de SDE++ subsidie. Voor deze ronde is in totaal €8 miljard beschikbaar, waarvan €750 miljoen gereserveerd is voor de categorie lage temperatuurwarmte. De totale SDE++-reservering is 25% lager dan de ronde in 2024.

⁹ Van der Molen, J. & Tolsma, S. (2024) Aardwarmte in Nederland. 2023: een recordjaar, maar toch teleurstellend.

¹⁰ Lensink, L., Eggink, E. & Schoots, K. (2024) Eindadvies Basisbedragen SDE++ 2024.

¹¹ RVO (2024) SDE++ 2024. Stimulering Duurzame Energieproductie en Klimaattransitie. Openstelling 2024.

¹² Geothermie Nederland (2024) Reactie Geothermie Nederland op kamerbrief 'Stand van zaken geothermie (aardwarmte)'

¹³ Hermans, S. Th. M. (2025) 31239 Reactie top verzoek commissie over de brief van geothermie Nederland over voorstellen voor de groene groei van aardwarmte

¹⁴ Hermans, S. Th. M. (2025) Stimulering duurzame energieproductie.

In dezelfde kamerbrief werd bekend gemaakt dat er mogelijk onvoldoende budget beschikbaar is voor een openstelling in 2026. In de voorjaarsnota 2025 is kenbaar gemaakt dat er wel budget beschikbaar is¹⁵, naar verwachting eveneens €8 miljard euro. Dit wordt mogelijk gemaakt door *“een kasschuif op de SDE++-middelen in 2029 en 2030”*. Het is onduidelijk wat de gevolgen zijn voor mogelijke SDE++-rondes in 2029 en 2030.

Het mogelijk (deels) wegvallen van de SDE++-regeling kan negatieve gevolgen hebben voor de verdere ontwikkeling van aardwarmtewinning in Nederland. Afhankelijk van het tijdstip van aankondiging kan het resulteren in overvraging van rondes. Vanwege een tekort aan budget kan dit ertoe leiden dat niet alle aanvragen gehonoreerd kunnen worden. Aardwarmteprojecten die aan het einde van de looptijd van hun toewijzing zoekgebied komen, lopen het risico dat de vergunning zal verlopen. Het ontbreken van een SDE++-beschikking maakt het namelijk niet opportuun om een startvergunning aan te vragen, vanwege o.a. de financiële toetsing bij een aanvraag startvergunning. Een aardwarmtemaatschappij kan dan opnieuw een toewijzing zoekgebied voor maximaal 5 jaar aanvragen en daarmee wordt de ontwikkeling van een aardwarmteproject doorgeschoven. Het is echter de vraag of door deze mate van vertraging en onzekerheid de ontwikkeling van het project nog opportuun is.

Om te toetsen wat de impact zou zijn van het mogelijk wegvallen van één of meerdere SDE++-rondes, presenteert dit rapport productieprognoses voor verschillende scenario's qua financieringsbeleid (zie paragraaf 5.3). Die prognoses tonen wat het effect van die scenario's op de ontwikkeling van warmteproductie zou zijn.

¹⁵ Rijksoverheid (2025) Voorjaarsnota

5 Toekomstige aardwarmteproductie

5.1 Eerdere productieprognoses

In het whitepaper uit 2024 zijn vijf productieprognoses gepresenteerd (zie tabel 5.1). Deze prognoses werden opgesteld op basis van productiedata van gerealiseerde aardwarmteproductie-installaties en data van aardwarmtevergunningen met en zonder SDE++-beschikking. Het doel van deze prognoses was om te onderzoeken of de ambitie van de Rijksoverheid, 15 PJ aan jaarlijkse aardwarmteproductie in 2030, gehaald kan worden.

Scenario 1 en 2 kwamen niet in de buurt van deze ambitie, terwijl scenario 3 de ambitie net niet haalt. De ambitie wordt wel gehaald bij scenario's 4 en 5, waarbij in scenario 4 wordt uitgegaan dat alle toenmalige projecten met een SDE++-beschikking in de loop van de tijd gerealiseerd zouden worden. Scenario 5 gaat een stap verder door ervan uit te gaan dat bijna alle projecten zonder SDE++-beschikking ook gerealiseerd worden en bijdragen aan de productie in 2030.

Scenario's 4 en 5 worden als niet realistisch beschouwd, omdat ervan uit wordt gegaan dat alle projecten in bestaande vergunningen gerealiseerd worden én dat daarbij ook de verwachte vermogens daadwerkelijk worden gehaald. Deze zeer optimistische benadering houdt geen rekening met de eerder gesignaleerde knelpunten, waaronder de hoge financiële projectrisico's door hoge investeringskosten, onzekere bronvermogens, en de complexiteit van warmtelevering in met name de gebouwde omgeving.

Tabel 5.1: Overzicht uit het whitepaper van de verwachte warmteproductie in 2030 volgens de verschillende prognoses, ten opzichte van de ambitie van de Rijksoverheid.

Productie-prognose-scenario	Beschrijving	Volume geproduceerd in 2030 (PJ)
1	Geen versnelling, enkel optimalisatie (0,08 PJ/jaar)	7,44
2	Geen versnelling, enkel aanloopfase	9,78
3	Beperkte groei (0,9 PJ/jaar)	13,38
4	Sterke groei met realisatie SDE++ projecten	19,82
5	Sterke groei met realisatie meeste projecten	34,52
	Ambitie Rijksoverheid	15

5.2 Nieuwe productieprognose

5.2.1 Methode

Zoals in paragraaf 5.1 is gesteld neemt de oude productieprognose geen onzekerheden mee. In dit rapport wordt een nieuwe methode gepresenteerd, die wel rekening houdt met meerdere onzekerheden (bijv. in het verwachte bronvermogen) om productieprognoses te berekenen. De gebruikte methode wordt in deze paragraaf kort toegelicht en volledig gepresenteerd in de bijlage.

Voor de nieuwe prognose worden aardwarmteprojecten geclassificeerd op basis van de maturiteit (mate van ontwikkeling) van het project: van fictieve projecten in het exploratie-potentieel tot operationele aardwarmteproductie-installaties. De methode haalt inspiratie uit het UNFC resource classificatiesysteem¹⁶. Het UNFC is een gestandaardiseerde methode voor het classificeren van geothermische natuurlijke hulpbronnen op projectbasis. Voor de prognose in dit rapport is dit systeem gesimplificeerd tot een onderverdeling van drie hoofdklassen. Vervolgens is elke hoofdklasse onderverdeeld in twee verschillende subklassen, resulterend in zes groepen voor geothermisch aanbod:

1. Het *vastgestelde aanbod* is aardwarmte-aanbod uit installaties die al zijn gerealiseerd en er bewezen aardwarmtewinningspotentieel is. Het zijn systemen die:
 - a. Momenteel operationeel zijn in een start- of vervolgvergunning (Groep 1).
 - b. In opbouw zijn, in de opstartfase, in een startvergunning (Groep 2).
2. Het *voorwaardelijk aanbod* is nog niet aangetoond door middel van een boring. De ontwikkeling van deze nog niet gerealiseerde projecten is vrij vergevorderd doordat het een SDE++-beschikking (in aanvraag) heeft. De verdere onderverdeling is op basis van het type aardwarmtevergunning:
 - a. Indien het in een startvergunning (in aanvraag) ligt (Groep 3).
 - b. Indien het in een toewijzing zoekgebied ligt (Groep 4).
3. Het *prospectieve aanbod* bevat projecten die het minst ver in ontwikkeling zijn en nog geen SDE++ beschikking (in aanvraag) hebben:
 - a. Projecten in een toewijzing zoekgebied (in aanvraag) (Groep 5).
 - b. Fictieve projecten die nog geen aardwarmtevergunning (in aanvraag) hebben (Groep 6).

We hanteren in onze nieuwe prognose de aanname dat het huidige beleid met betrekking tot vergunningen en financiële ondersteuning *ongewijzigd blijft*. Deze aanname leidt tot een *Base Case Scenario*.

Waar de productieprognoses gegeven in het whitepaper (zie paragraaf 5.1) op deterministische wijze werden bepaald, wordt de nieuwe prognose op stochastische wijze berekend. Daarbij wordt de mate van onzekerheid in de verwachte jaarlijkse productie gekwantificeerd. Die onzekerheid hangt onder andere af van de hoeveelheid onderhoud die wel of niet gepleegd hoeft te worden, het nog te realiseren bronvermogen, het aantal vollasturen, en of een aardwarmteproject überhaupt gerealiseerd zal gaan worden. Deze parameters en de daarbij behorende onzekerheden worden in de berekening meegenomen.

¹⁶ Mijnlief, H.F. et al. (2020) The Dutch Geothermal Resource Base: Classified Using UNFC Resource Classification System and its Potential to meet The Dutch Geothermal Ambition.

Daarnaast zijn er op basis van analyse van historische ontwikkeling en productiegegevens drie correctiefactoren bepaald. Samenvattend zijn dat:

1. *Productievariatie*: Productiedata laat zien dat de jaarproductie per installatie varieert, bijvoorbeeld door onderhoud of lagere warmtevraag vanwege een zachte winter. Een gemiddelde variatie wordt als onzekerheidsbandbreedte meegenomen voor projecten in Groepen 1 en 2.
2. *Vermogenscorrectiefactor*: Een analyse op de verwachte P50-geothermische vermogens uit de SDE++-beschikkingen versus de gerealiseerde maximaal behaalde vermogens laat zien dat de laatste vaak lager uitvalt dan wat eerder verwacht werd. De gemiddelde negatieve afwijking (-20%) wordt meegenomen voor projecten in Groepen 2 t/m 6.
3. *Realisatiecorrectiefactor*: Uit historische data komt naar voren dat niet elke aardwarmtevergunning resulteert in een operationele aardwarmteproductie-installatie. Daarbij is ook de verwachting dat niet alle projecten, die nu in een aardwarmtevergunning liggen, gerealiseerd zullen gaan worden. In Groepen 3 t/m 5 wordt de kans dat een project niet tot realisatie komt daarom meegenomen als correctiefactor op de jaarlijkse warmteproductie.

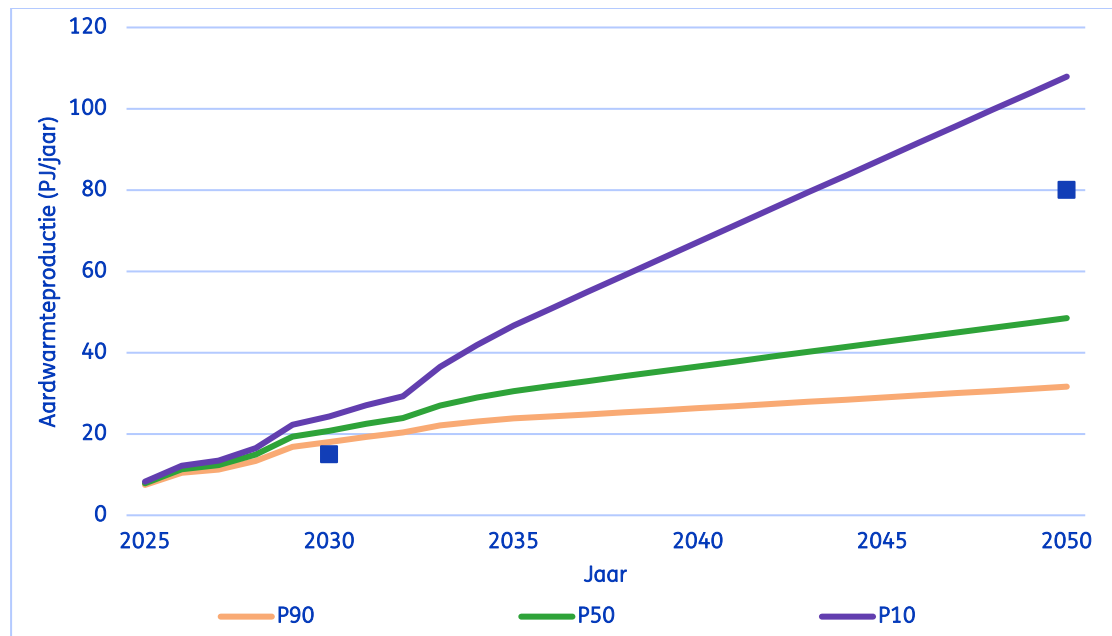
5.2.2 Resultaat

De uitkomst van de productieprognose is, per klasse en het totaal, een productieprofiel van hoeveel warmte er per jaar in de toekomst gewonnen zal worden in de perioden van heden tot 2050. Tabel 5.2 geeft voor de jaren 2030 en 2050 per klasse en per overschrijdingskans, P90, P50 en P10, het jaar-energieproductievolume. Hierbij geeft de P90 aan dat 90% van alle stochastische uitkomsten groter is dan die waarde, P50 is de verwachtingswaarde waarbij 50% van alle uitkomsten boven de gegeven waarde uitkomt en P10 dat slechts 10% van de uitkomsten hoger is dan de gegeven waarde. Dit kan gezien worden als de kans dat de bij P-waarde het gegeven productievolume gehaald kan worden. De grootte van het verschil tussen de P90 en P10 uitkomsten geven een indicatie van hoe zeker de P50 waarden zijn. Hoe groter het verschil tussen de P90 en P10 uitkomsten, des te groter de onzekerheidsmarge van de P50 uitkomsten.

Tabel 5.2: Resultaat van de productieprognose per groep en het totaal, onderverdeeld in de P90, P50 en P10 over de jaren 2030 en 2050. Ter vergelijking is de ambitie van de Rijksoverheid ook in de tabel opgenomen.

Groep	Aardwarmteproductie (PJ/jaar)					
	Jaar 2030			Jaar 2050		
	P90	P50	P10	P90	P50	P10
1	7,05	7,37	7,70	7,05	7,37	7,70
2	3,08	3,62	4,17	3,08	3,62	4,17
3	3,61	4,44	5,27	3,61	4,44	5,27
4	3,35	4,30	5,61	3,69	4,73	6,14
5	0,72	1,06	1,80	4,92	6,85	10,92
6	0	0	0	8,84	21,48	74,17
Totaal	18,00	20,80	24,35	31,65	48,51	107,90
Ambitie Rijksoverheid	15			80		

Figuur 5.1 toont de verwachte jaarlijkse aardwarmteproductie van 2025 t/m 2050, als P90, P50 en P10 uitkomst, op basis van de nieuwe productieprognose.



Figuur 5.1: De jaarlijkse aardwarmteproductie op basis van de productieprognose, van 2025 t/m 2050, in P90, P50 en P10 uitkomst. De blauwe vierkanten weergeeft de ambitie van de Rijksoverheid voor 2030 en 2050.

Uit het *Base Case Scenario* komt naar voren dat de ambitie van de Rijksoverheid om in 15 PJ aan jaarlijkse aardwarmteproductie in 2030 te hebben, gehaald kan worden. Voor 2050 wordt de ambitie enkel in het meest optimistische geval gerealiseerd.

5.3 SDE++ beleidsscenario's en de ontwikkeling van aardwarmtewinning

Om de impact van het, eventueel tijdelijk, wegvallen van de SDE++-subsidierondes te toetsen, zijn naast het *Base Case Scenario* van paragraaf 5.2 ook een zestal additionele scenario's opgesteld:

1. Alleen in 2026 geen SDE++-budget beschikbaar;
2. In 2026 én 2027 geen SDE++-budget beschikbaar;
3. 2026 t/m 2029 geen SDE++-budget beschikbaar;
4. Na 2025 geen SDE++-budget beschikbaar;
5. Alleen in 2026 een halvering van het SDE++-budget;
6. Na 2025 halvering van het SDE++-budget.

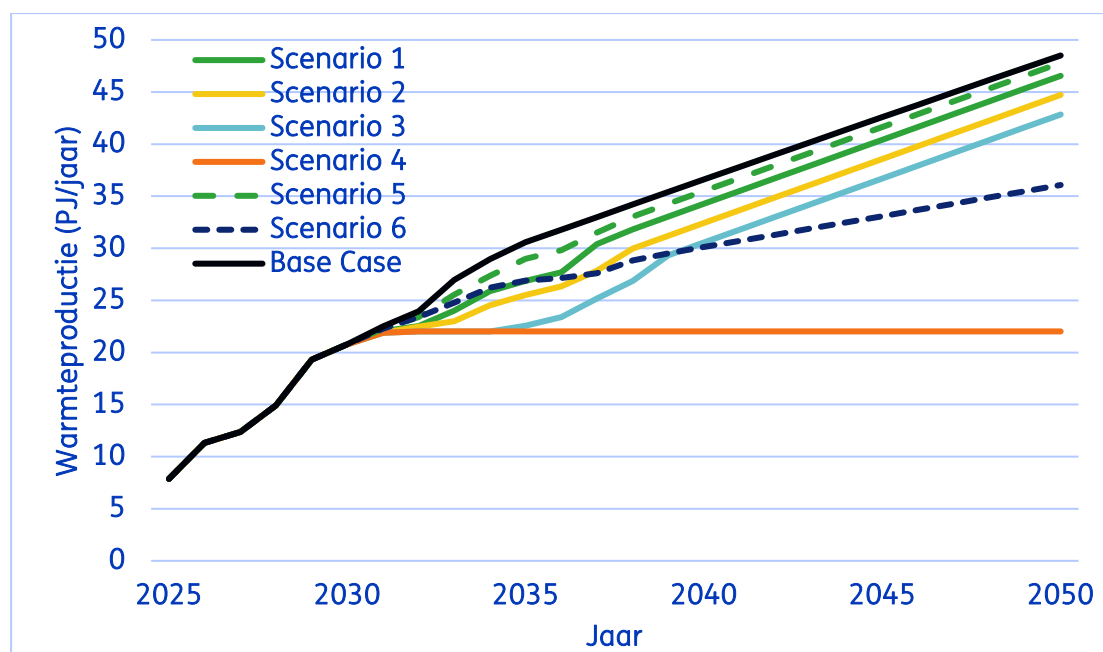
Bij deze additionele scenario's wordt ervan uitgegaan dat de realisatie van een aardwarmteproject sterk afhankelijk blijft van de SDE++-subsidiereregeling. Oftewel: we gaan ervan uit dat als een aardwarmteproject geen SDE++-beschikking kan krijgen, deze niet gerealiseerd zal worden. Dit betekent bij geen of minder SDE++-budget de realisatie van geen of minder aardwarmteprojecten. Bij tijdelijke wegval van de SDE-subsidiereregeling worden projecten uitgesteld en komt de realisatie op een latere datum. Verder wordt ervan uitgegaan

dat er geen alternatieve subsidie beschikbaar komt, zoals een CAPEX subsidie, die het eventueel (tijdelijk) wegvallen van de SDE++ subsidie zou kunnen opvangen. Ook wordt er geen rekening gehouden met toekomstige fluctuaties van energieprijzen en basisbedragen. In de bijlage wordt de gehanteerde methodiek verder uitgelegd.

In figuur 5.2 worden de resulterende P50 productieprognoses van het *Base Case Scenario* en van de bovenstaande zes scenario's gepresenteerd. Tabel 5.3 geeft de verwachtingswaarde P50 van de jaarlijkse warmteproductie in 2050 van het *Base Case Scenario* en bovenstaande zes scenario's, alsmede de cumulatieve P50 productie van 2025 t/m 2050.

Tabel 5.3: Uitkomsten van jaarlijkse P50 warmteproductie in 2050 van het base case en 6 additionele scenario's. Daarnaast wordt per additioneel scenario de cumulatieve warmteproductie van 2025 t/m 2050 gegeven.

Scenario	Jaarlijkse warmteproductie in 2050		Cumulatieve warmteproductie 2025 t/m 2050	
	(PJ)	Vershil met Base Case (%)	(PJ)	Vershil met Base Case (%)
Base Case	48,51	-	822,32	-
1	46,55	-4%	775,45	-6%
2	44,72	-8%	743,85	-10%
3	42,84	-12%	705,62	-14%
4	22,02	-55%	526,90	-36%
5	47,79	-1%	800,98	-3%
6	36,07	-26%	687,27	-16%



Figuur 5.2: Verwachte P50 jaarlijkse aardwarmteproductie op basis van de productieprognose, van 2025 t/m 2050, voor het base case scenario en de 6 additionele scenario's.

Het is duidelijk dat de SDE++-regeling een positieve invloed op de ontwikkeling van aardwarmtewinning heeft. Het wegvallen van de subsidieregeling na 2025 (Scenario 4) of, in mindere mate, het halveren van het jaarlijkse budget (Scenario 6) laten zien dat de jaarproductie in 2050 sterk achterblijft ten opzichte van de andere SDE-scenario's. Scenario's 1, 2, 3 en 5, waarbij de SDE++ slechts tijdelijk beknot of stop gezet wordt, zorgen voor een vertraging in realisatie van nieuwe installaties en daarmee het behalen van de jaarlijkse productie die gelijk is aan het *Base Case scenario*. Hoe langer de periode is van het wegvallen van de SDE++, hoe groter de vertraging is.

Uit Figuur 5.2 kan worden afgeleid dat alle SDE-scenario's tot 2030 dezelfde ontwikkeling hebben. Dit is te verwachten omdat tot die tijd de productie met name geleverd wordt door projecten die al een SDE++-beschikking hebben en daardoor niet afhankelijk zijn voor veranderingen in het SDE-toekenningbeleid. Na 2030 gaan de productieprofielen uiteenlopen en vallen allemaal lager uit dan het *Base Case Scenario*, het behalen van de ambitie van de Rijksoverheid om 80 PJ in 2050 aan aardwarmte te winnen komt daarmee dus verder weg te liggen.

5.4 Discussie

5.4.1 Ambitie Rijksoverheid

De Rijksoverheid streeft ernaar om in 2030 jaarlijks 15 PJ aan aardwarmte te winnen¹⁷. Deze ambitie werd in 2018 voor het eerst uitgesproken, waarbij ook aangegeven werd dat ECN inschat dat aardwarmteproductie in 2050 80 PJ per jaar kan zijn¹⁸. Uit de bewoording is niet op te maken of dit daarmee ook de ambitie van de Rijksoverheid is, maar in dit rapport wordt die 80 PJ in 2050 gebruikt voor de vergelijking met de productieprognoses.

De *Base Case* productieprognose laat zien dat de ambitie van de Rijksoverheid voor 2030 gehaald kan worden (Tabel 5.2). Zelfs als enkel wordt uitgegaan van de P50 verwachte productie van Groepen 1 t/m 3 dan zal de ambitie (net aan) gehaald worden. De ambitie om 80 PJ aan jaarlijkse aardwarmteproductie te hebben in 2050 lijkt onder de huidige condities buiten bereik te liggen, alleen in het meest optimistische P10 scenario wordt deze ambitie gehaald.

5.4.2 Vergelijking met Whitepaper 2024 scenario's

Scenario 4 van de productieprognose van het eerdere whitepaper¹⁹ (zie ook tabel 5.1), waarbij uit werd gegaan dat alle projecten met een SDE++ beschikking gerealiseerd worden en productie leveren in 2030, kwam uit op 19,82 PJ per jaar. Scenario 5 van deze eerdere prognose, waarbij naast projecten met een SDE++ beschikking ook projecten zonder beschikking gerealiseerd worden, resulteerde in 34,52 PJ. De *Base Case* P50 uitkomst van 20,8 PJ in 2030 (tabel 5.2) van de nieuwe productieprognose is iets hoger dan de eerder genoemde Scenario 4, maar significant lager dan Scenario 5. Dit is te verklaren doordat in de tussentijd projecten verder in het ontwikkelingstraject zijn. Zo zijn in de actualisatie meer projecten meegenomen die een SDE++ beschikking begin 2024 hebben ontvangen of hebben

¹⁷ Hermans, S. Th. M. (2024) Stand van zaken geothermie (aardwarmte)

¹⁸ Wiebes, E. (2018) Beleidsbrief geothermie

¹⁹ Van der Molen, J. & Tolsma, S. (2024) Aardwarmte in Nederland. 2023: een recordjaar, maar toch teleurstellend.

aangevraagd in september 2024. Daarnaast zijn er ook meer projecten die in de tussentijd een startvergunning hebben verkregen of aangevraagd en daarmee een lagere onzekerheid hebben in de verwachte jaarlijkse warmteproductie. De nieuwe methodiek die is toegepast is in mindere mate oorzaak van de verschillen. In de nieuwe productieprognose worden onzekerheden meegenomen van bijvoorbeeld het verwachte vermogen, het aantal operationele uren of vollasturen, maar ook op de realisatie zelf.

5.4.3 Invloed van de SDE++ op ontwikkeling van toekomstige aardwarmtewinning

Mocht er alleen in 2026 geen SDE++-openstelling zijn (*SDE scenario 1*), dan heeft dat een relatief klein effect op de totale verwachte productie tot 2050. Verwachte effecten van deze tijdelijke stopzetting zijn:

1. Dat er overvraging zal optreden tijdens de openstelling van de SDE++-ronde in 2025. Hierdoor kunnen mogelijk niet alle aanvragen een beschikking krijgen vanwege een limiet op het te reserveren budget. Dit betekent dat projecten die nu in Groep 5 zitten pas in 2027 weer een SDE++ beschikking kunnen aanvragen. Ten gevolge hiervan kunnen meerdere toewijzing zoekgebieden hierdoor komen te vervallen, omdat de business case zonder SDE++ beschikking niet rondgemaakt kan worden. Hiermee zal de einddatum van deze vergunningen voordat een nieuwe SDE++ subsidie aangevraagd kan worden verlopen. Mogelijk worden deze vergunningen opnieuw aangevraagd, waardoor de projecten met vertraging toch gerealiseerd kunnen worden, maar met significante vertraging. Maar in het ongunstigste geval worden er geen nieuwe vergunningen aangevraagd (in de prognose is ervan uitgegaan dat er wel nieuwe vergunningen worden aangevraagd).
2. De kans bestaat dat ook SDE++-ronde 2027 overvraagd zal worden, waardoor er wederom projecten doorgeschoven moeten worden naar de ronde van 2028. Dit heeft dan ook effect op Groep 6, hier zal door de verschuiving minder budgetruimte zijn voor de fictieve installaties. Voor de SDE ronde 2028 betekent dit een halvering van het aantal fictieve projecten die productie starten in 2033. Door verdere verschuiving betekent dat, dat in 2036 helemaal geen nieuwe fictieve installaties operationeel worden. Dit resulteert in een lagere jaarproductie in 2050.

Voor SDE scenario 2 waarbij in zowel 2026 als 2027 geen SDE++-openstelling is, daalt de jaarlijkse warmteproductie in 2050 nog verder dan in SDE scenario 2. Meer projecten in Groep 5 worden uitgesteld en kunnen pas later SDE++-aanvragen, dit leidt weer tot een overvraging in latere rondes, bijv. in de SDE++ rondes in 2031 en 2032. Hierdoor zullen in die jaren fictieve installaties geen beschikking ontvangen en dus in 2036 en 2037 niet operationeel worden.

Geen SDE++ rondes van 2026 t/m 2029 (*SDE scenario 3*) heeft als effect dat door overvraging in de jaren daarna tot in 2033 geen of minder SDE budget beschikbaar is voor fictieve installaties. Tot en met 2038 leidt dit tot geen tot minder nieuwe fictieve installaties die operationeel worden.

Het geheel wegvallen van SDE++ budget tot en met 2050 (*SDE scenario 4*) betekent een significante reductie in de jaarlijkse productie van Groep 5. Alleen de projecten die nog een SDE++-beschikking hebben uit de 2025 openstelling zullen in productie komen. Fictieve

installaties in Groep 6 worden in dit scenario naar verwachting helemaal niet meer gerealiseerd.

Als in 2026 het beschikbare budget niet helemaal wegvalt, maar wordt gehalveerd (*SDE scenario 5*), betekent dit voor de SDE rondes in 2025 en 2027 een overvraging, een aantal vergunningen komen hierdoor te vervallen en worden in een opvolgend jaar weer opnieuw aangevraagd. Deze verschuiving heeft invloed op de fictieve installaties in Groep 6, waar door overvraging in 2033 en 2036 minder dan 6 installaties per jaar worden gerealiseerd. Dit resulteert in een vermindering van de jaarlijkse warmteproductie in 2050 van slechts 1% t.o.v. de Base Case uitkomst.

In geval van scenario 6, waarin vanaf 2025 een halvering van het SDE++ budget wordt aangenomen, resulteert de jaarlijkse warmteproductie in een vermindering van 26% t.o.v. het Base Case scenario. Er zullen dan elk jaar minder dan 6 installaties gerealiseerd kunnen worden.

De SDE++-regeling is een belangrijk middel om de business case van aardwarmteprojecten te versterken en is daarmee cruciaal voor de ontwikkeling van aardwarmteproductie in Nederland. Alle additionele productieprognoses die de sensitiviteit van de SDE-regeling op de geprognostiseerde productie laten zien duiden op een eenduidige negatieve impact op de productieprognoses. Afhankelijk van het scenario, leidt dit tot een aanzienlijke daling in jaarlijkse warmteproductie in 2050 (Tabel 5.3).

5.4.4 Onzekerheden in productieprognose

De onzekerheid in de voorspelling van de verwachte jaarlijkse warmteproductie wordt per maturatieklasse, Van Groep 1 naar Groep 6, groter (zie de bijlage). De onzekerheden waar rekening mee houden wordt in de analyse per groep zijn:

1. De onzekerheid van het volume toekomstig geproduceerde warmte uit Groep 1 zit met name in de variabele warmtevraag, geen productie ten tijde van onderhoud en eventuele uitval van de installatie gedurende de periode tot 2050.
2. Bij Groep 2 wordt de onzekerheid op de bij Groep 1 genoemde variabelen groter. Daarbij komt nog onzekerheid op wat de bron kan gaan leveren in termen van vermogen en draaiuren.
3. In Groep 3 komt ten opzichte van Groep 2 de onzekerheid of een project überhaupt wel gerealiseerd zal gaan worden erbij.
4. Bij Groep 4 wordt de onzekerheid in verwacht vermogen, draaiuren en realisatie weer iets groter, want die projecten hebben nog geen startvergunning.
5. De onzekerheden van de projecten van Groep 5 zijn nog groter, mede omdat er enkel een regionale studie van de geologie is uitgevoerd waardoor het mogelijke bronvermogen een grotere onzekerheid heeft. Daarbij is er ook nog geen tot beperkte afstemming met de lokale warmtevraag.
6. Groep 6, die pas in de periode van 2035 t/m 2050 bijdraagt aan het productieprofiel, heeft de grootste onzekerheid. Deze groep bevat fictieve projecten waar vraag en aanbod nog niet specifiek zijn geëvalueerd. De verwachte bronvermogens en het aantal vollasturen hebben hier een nog grotere onzekerheid. Daarnaast is er ook een grote onzekerheid in het aantal nieuwe projecten per jaar (afhankelijk van de realisatie-inspanning).

De onzekerheid omtrent de uitkomst van 2030 is relatief klein, gezien de P90 en P10 uitkomsten van respectievelijk 18 en 24,35 PJ per jaar, t.o.v. de P50 uitkomst van 20,80 PJ. Dit komt omdat het merendeel van de in 2030 verwachte warmteproductie wordt geleverd door projecten in Groepen 1 t/m 3, waarvan de onzekerheden relatief klein zijn. Warmteproductie van projecten uit andere groepen hebben hier een beperkte of nog geen bijdrage aan de verwachte jaarlijkse productie in het jaar 2030. Deze projecten zullen naar verwachting pas vanaf 2030 meer gaan bijdragen aan de jaarlijkse warmteproductie. Omdat de onzekerheid in de schatting bij die groepen progressief groter wordt, zal de onzekerheid van de schatting van het warmte aanbod in 2050 ook groot zijn.

Voor 2050 is de P50 verwachting dat 46,84 PJ per jaar aan aardwarmte geproduceerd zal gaan worden. Dat is 33,16 PJ (41%) minder dan de (mogelijke) ambitie van de Rijksoverheid. De onzekerheid van de P50 uitkomsten voor 2050 is een stuk groter dan de mate van onzekerheid van de P50 uitkomsten tot van 2030. Dat kun je zien aan het grotere verschil tussen de P90 en P10 uitkomsten voor het jaar 2050 (respectievelijk 30,91 en 107 PJ per jaar). Opmerkelijk is dat de spreiding asymmetrisch om de P50 verwachtingswaarde heen ligt: de optimistische P10 waarde ligt significant verder van de P50 dan de conservatieve P90 waarde. Voor een groot deel komt dit door de asymmetrie in de kansdichtheidsverdeling van de realisatie van nieuwe projecten in Groep 6 (zie ook de bijlage).

Realisatie-inspanning

Het mogelijke aantal nieuw te realiseren installaties per jaar is een onzekere parameter. Dit is met name afhankelijk van het aantal boringen per jaar, dat weer afhankelijk is van o.a. benodigde hoge investeringen, limiet op stikstofdepositie, netcongestie en beschikbaarheid van boortorens. Tot nu toe lijkt er een stijgende trend te zijn in het jaarlijks gemiddelde aantal boringen (figuur 2.2), maar het is moeilijk in te schatten of deze stijging zal doorzetten. Een portfolio-aanpak, het “back-to-back” boren van meerdere putten van meerdere systemen, kan een hulpmiddel zijn om het gemiddeld aantal boringen per jaar te vergroten, maar ook hier speelt financiële onzekerheid een grote rol. Het wegnemen van genoemde knelpunten kan een positief effect hebben op het aantal installaties dat per jaar gerealiseerd kan worden en daarmee de geproduceerde jaarlijkse aardwarmte. Een positieve uitkomst van een exploratieboring, bijvoorbeeld vanuit het SCAN programma, kan leiden tot meerdere nieuwe aanvragen voor aardwarmtevergunningen. In die zin blijft het op de lange termijn belangrijk dat ingezet blijft worden op de exploratie van de ondergrond d.m.v. de acquisitie van nieuwe seismiek en exploratieboringen. Mocht het gemiddelde aantal projecten per jaar toenemen, dan is het van belang dat financiële instrumenten, zoals de SDE++-subsidie, ook deze groei kunnen ondersteunen door middel van voldoende budget dat aan aardwarmteprojecten toegekend kan worden.

Lage temperatuur aardwarmte

De mogelijkheid bestaat dat in de nabije toekomst lage temperatuur aardwarmte een prominentere rol gaat spelen bij het ontwikkelen van nieuwe aardwarmteprojecten. Met lage temperatuur aardwarmte wordt hier bedoeld het winnen van aardwarmte van dieptes tussen de 500 en maximaal 1500 meter. Deze projecten produceren een relatief lage temperatuur en dit levert minder warmte op dan projecten die gericht zijn op diepere intervallen. In principe zijn investeringskosten voor het ondiepere domein lager omdat er minder meters geboord moeten worden, wat minder boortijd betekend. De investeringskosten kunnen mogelijk verder

verlaagd worden²⁰ door o.a. de mogelijkheid te onderzoeken om ook met kleinere en dus minder dure boortorens te boren. Dit zou betekenen dat deze projecten onafhankelijk gerealiseerd kunnen worden van de zogeheten “drilling sequence” van grotere boortorens, die nodig zijn voor grotere dieptes. In verschillende SCAN boringen, zoals Oranjeoord-01 of Stad Van Gerwen-01, ligt de focus al op dit ondiepe domein. Positieve uitkomsten van deze boringen kunnen mogelijk helpen bij de ontwikkeling van aardwarmteprojecten in het lage temperatuur domein. Tegelijkertijd wordt vanuit de Rijksoverheid ook gekeken naar eventuele financiële instrumenten om ondiepe aardwarmteprojecten op weg te helpen²¹. Bij een eventuele stijging in het gemiddelde aantal boringen ten opzichte van het huidige aantal, zou dit meegenomen moeten worden in toekomstige productieprognoses.

Bronvermogen

De spreiding van de verwachte bronvermogens van de fictieve projecten in Groep 6 is relatief groot, het weerspiegelt een breed spectrum aan aardwarmteprojecten. De grote spreiding is op zich realistisch. Door het toepassen van zogeheten onconventionele boor- en/of completietechnieken, zoals het horizontaal aanboren van het reservoir, het hydraulisch stimuleren van een reservoir of het gebruiken van zogeheten multi-laterals²², kunnen relatief lage vermogens verhoogd worden. Ondanks dat dit o.a. extra investeringskosten met zich meebrengt, kan het wel leiden tot een verhoging van het vermogen en daarmee de aardwarmteproductie die het kan leveren. Ook verdere uitkoeling van het geproduceerde water, mits binnen de veiligheidsnormen, of het inzetten van warmtepompen kan tot het verhogen van het gerealiseerde vermogen leiden.

Vollasturen

Een grote onzekerheid op dit moment is de ontwikkeling van aardwarmtewinning voor de gebouwde omgeving²². Tot nu komt aardwarmtewinning ten behoeve van de verwarming van de gebouwde omgeving beperkt van de grond. Dit terwijl in Groep 5 veel projecten zitten die dat doel wel voor ogen hebben, de realisatie hiervan is door de complexiteit nog onzeker en in ieder geval vertraagd. Dit is verdisconteerd in de realisatiefactor. Deze realisatieonzekerheid is ook meegenomen in Groep 6, waarbij er initieel een grotere kans is op de realisatie van een project in de glastuinbouw, maar op basis van de verwachting het aandeel van projecten in de gebouwde omgeving per jaar toeneemt. Dit blijft echter afhankelijk van het wel of niet voortbestaan van de knelpunten van realisatie van aardwarmtewinning in de gebouwde omgeving.

In regio's met een grote warmtevraag zoals Amsterdam, Den Haag en Rotterdam kan aardwarmte een aanzienlijke rol spelen in de warmtevoorziening voor de gebouwde omgeving. Idealiter wordt aardwarmte als basislast van de warmtevraag ingepast, zodat een relatief hoog aantal vollasturen gehaald kan worden en de installatie optimaal benut wordt. Uit vergunning- en SDE++ aanvragen is op te maken dat naar verwachting steeds meer toekomstige projecten in de gebouwde omgeving ingezet gaan worden als basislast, bij 6000 vollasturen. Dit is dan ook meegenomen in de toekenning van een gewogen gemiddeld aantal vollasturen van 5270 uur voor dergelijke projecten. Mocht dit in de toekomst veranderen, dan zal de productieprognose hierop aangepast moeten worden.

²⁰ Greenvis (2022) Businesscase warmtenet met ondiepe geothermie

²¹ Geothermie Nederland (2025) Nieuwsbericht over Marktconsultatiesessie Lage Temperatuur Geothermie (LTG)

²² Van der Molen, J. & Tolsma, S. (2024) Aardwarmte in Nederland. 2023: een recordjaar, maar toch teleurstellend.

6 Conclusie

De aardwarmteproductie in Nederland heeft in 2024 een significante groei doorgemaakt, met een stijging van 10,2% ten opzichte van 2023 naar een jaarlijkse productie van 7,491 PJ. Deze groei is voornamelijk te danken aan een toename in operationele uren. Het gemiddelde aantal vollasturen is licht gestegen. Tegelijkertijd zijn in 2024 drie nieuwe aardwarmteproductie-installaties operationeel geworden, de productie hieruit is nog beperkt geweest. Het aantal aardwarmteboringen, 10, is in 2024 licht gedaald t.o.v. 2023. Met deze boringen is één nieuwe installatie gerealiseerd en zijn twee oudere installaties, die vanwege technische oorzaken stillagen, weer hersteld.

De vernieuwde en geactualiseerde productieprognose laat zien dat er een gerede mogelijkheid is dat de ambitie van de Rijksoverheid, om in 2030 15 PJ aan jaarlijkse aardwarmteproductie te hebben, onder de huidige condities gehaald kan worden. De kans dat in 2050 een jaarlijkse warmteproductie van 80 PJ wordt bereikt blijkt zeer klein te zijn, aangezien alleen de optimistische P10 uitkomst een hoger vermogen van 80 PJ geeft. De grote mate van onzekerheid op de lange termijn is met name te danken aan de onzekerheden omtrent het te realiseren aantal installaties per jaar, de te realiseren bronvermogens en het aantal verwachte vollasturen. Deze onzekerheden zijn gekoppeld aan de knelpunten omtrent netcongestie, stikstofdepositie, het aantal beschikbare boortorens en de complexiteit rond de inzet van aardwarmte in de gebouwde omgeving.

Een ander knelpunt dat veel onzekerheid oplevert zijn de hoge investeringskosten en daarmee de 'business case' van aardwarmteprojecten. De Stimuleringsregeling Duurzame Energieproductie (SDE++) blijft een cruciaal instrument voor de verdere ontwikkeling van aardwarmteprojecten, om zo de terugverdientijd te verkorten en daarmee meer financiële zekerheid te creëren. Recent is er onzekerheid ontstaan over het voortbestaan van de SDE++ subsidie. Hoewel de Voorjaarsnota aangeeft dat er budget beschikbaar is voor een openstelling in 2026, blijft de beschikbaarheid hiervan op lange termijn onzeker. De additionele productieprognoses die de sensitiviteit met betrekking tot de invulling van de SDE++ belichten, laten zien dat het (tijdelijk) wegvallen of halveren van SDE++ budget een sterke negatieve impact heeft op de jaarlijkse en cumulatieve aardwarmteproductie, met name op de lange termijn.

7 Bijlage: Methode productieprognoses

7.1 Groepsindeling op basis van projectmaturiteit

Voor de prognose in dit rapport is het UNFC resource classificatiesysteem gesimplificeerd tot een onderverdeling in drie hoofdklassen: *vastgesteld aanbod*, *voorwaardelijk aanbod* en *prospectief aanbod*. Elke hoofdklasse is daarbij onderverdeeld in twee verschillende groepen. De maturiteit (mate van ontwikkeling) van de projecten neemt toe van Groep 6 naar Groep 1.

Het *vastgestelde aanbod* is gebaseerd op start- en vervolgvergunningen, die momenteel een producerende aardwarmteproductie-installatie hebben (Groep 1) of waarvan de productie wordt voorbereid in de opstartfase (Groep 2).

Het *voorwaardelijke aanbod* is nog niet aangetoond door middel van een boring. De ontwikkeling van een project in beide onderliggende groepen is vrij ver gevorderd doordat het een SDE++ beschikking (in aanvraag) heeft. Voor de aanvraag van de SDE++ subsidie is een gedetailleerde lokale geologische studie uitgevoerd. Daarbij heeft het in het geval van Groep 3 een startvergunning (in aanvraag). Groep 4 is minder ver ontwikkeld omdat het nog een toewijzing zoekgebied betreft.

Het *prospectieve aanbod* bevat projecten die minder ver in ontwikkeling zijn. De projecten van Groepen 5 en 6 hebben nog geen SDE++ beschikking (in aanvraag). Projecten in groep 5 hebben op basis van een regionale studie een eerste orde inschatting gemaakt van de geologische potentie van het gebied, ter onderbouwing van een aanvraag toewijzing zoekgebied. Groep 6 daarentegen bevat fictieve projecten, die nog geen toewijzing zoekgebied (in aanvraag) hebben.

Overzicht van de invoerparameters per groep

Per groep wordt een hoog, midden en laag scenario van jaarlijkse aardwarmteproductie op een stochastische wijze berekend. Voor Groep 1 wordt als invoerparameter de recente jaarlijkse aardwarmteproductie gebruikt (tabel 7.1). Bij Groepen 2 en 3 worden het verwachte vermogen en draaiuren als invoer gebruikt. Groepen 4 en 5 gebruiken het verwachte vermogen en vollasturen als invoerparameters. De fictieve projecten in Groep 6 gaan uit van eenzelfde verwachte vermogen, waarbij het aantal vollasturen op basis van het verwachte toenemende aandeel van de gebouwde omgeving per opvolgend jaar toeneemt. Alle invoerparameters hebben een onzekerheidsbandbreedte.

Tabel 7.1: Samenvattend overzicht van groepen en de gebruikte invoerparameters

Groep	Jaarlijkse energieproductie	Verwacht vermogen	Operationele uren	Vollasturen
1	√			
2		√	√	
3		√	√	
4		√		√
5		√		√
6		√		√

De berekeningen lopen tot en met het jaar 2050. Voor het uiteindelijke resultaat worden de specifieke scenario's van de verschillende groepen gebundeld, wat resulteert in drie productieprofielen die van elkaar verschillen qua kans dat de berekende productie daadwerkelijk gerealiseerd zal worden: laag (P90), midden (P50) en hoog (P10).

In tabel 7.2 wordt een overzicht gegeven van de groepsindeling en de onderlinge verschillen. Daarbij wordt ook een overzicht gegeven van de productievariatie, realisatiecorrectiefactor en de vermogenscorrectiefactor. Deze worden bij de desbetreffende groepen verder behandeld.

Tabel 7.2: Overzicht groepen productieprognose. De productievariatie is op basis van productiedata van installaties. De realisatie correctie factor neemt de onzekerheid van realisatie van projecten binnen de specifieke groep mee. De vermogens correctie factor wordt toegepast om te corrigeren voor een overschatting van de verwachte aardwarmteproductie vs de uiteindelijke productie.

Hoofd klasse	Groep	Vergunning	Status installatie	SDE	Productie variatie	Realisatie correctie factor	Vermogens correctie factor
Vastgesteld	1	Vervolgvergunning	Producterend	√	7%	-	-
	1	Startvergunning	Producterend	√	10%	-	-
	2	Startvergunning	Gerealiseerd	√	-	-	0,8
Voorwaardelijk	3	Startvergunning (aangevraagd)	Niet-gerealiseerd	√	-	0,8-0,9	0,8
	4	Toewijzing Zoekgebied	Niet-gerealiseerd	√	-	0,7-0,8	0,8
Prospectief	5	Toewijzing Zoekgebied (aangevraagd)	Niet-gerealiseerd	-	-	0,5-0,6	0,8
	6	Geen	Niet-gerealiseerd	-	-	-	0,8

7.2 Groep 1: Operationele installaties

TNO-AGE ontvangt van de aardwarmtemaatschappijen de productiedata op maandbasis. Aan de hand van deze data wordt van iedere aardwarmteproductie-installatie de jaarlijkse energieproductie bepaald. Twintig installaties waren zowel in 2023 als in 2024 operationeel. Deze zijn ingedeeld in Groep 1. De productieprognose gaat voor deze installaties uit van de jaarproductie van 2023 of 2024, afhankelijk van welke het hoogste is. Deze wordt doorgetrokken tot en met 2050. Hierbij wordt aangenomen dat de installaties ook de technische en juridische mogelijkheid hebben om tot in dit jaar door te kunnen produceren.

Productievariatie

De productiedata laat zien dat de jaarproductie varieert. Bijvoorbeeld omdat er een bepaald jaar minder geproduceerd kan worden vanwege onderhoud. Er kan ook juist gemiddeld meer geproduceerd worden, bijvoorbeeld door een hogere warmtevraag tijdens een strenge winter. TNO-AGE heeft de productiedata geanalyseerd van 12 aardwarmteproductie-installaties die tenminste vijf jaar jaarrond hebben geproduceerd én een vervolvergunning hebben. Per installatie is op jaarbasis de warmteproductie per operationeel uur bepaald. Het gemiddelde hiervan is vergeleken met de jaarlijkse verschillen ten opzichte van dat gemiddelde. Per installatie is per jaar de variatie ten opzichte van dit gemiddelde bepaald. Hieruit komt een gemiddelde variatie van 7% op jaarbasis ten opzichte van een gemiddelde warmteproductie per operationeel uur. Deze variatie van 7% wordt in Groep 1 als onzekerheidsbandbreedte genomen op de geselecteerde jaarlijkse warmteproductie van de projecten die een vervolvergunning hebben.

Het operationele installaties binnen een startvergunning produceren hebben meer onzekerheid in productiegedrag. Voor deze installaties is productiedata van slechts twee tot hooguit drie jaar beschikbaar is. Op basis daarvan is het moeilijk om een middeling met een variatie daarop te bepalen, die met voldoende zekerheid iets kan zeggen over het productiegedrag op de langere termijn. Door het meenemen van de standaarddeviatie en de daarbij horende *standard error of the mean* op het eerder genoemde gemiddelde van 7% is een onzekerheidsbandbreedte van 10% bepaald. Deze onzekerheidsbandbreedte wordt toegepast op de prognose van de jaarproductie van installaties met een startvergunning.

7.3 Groep 2: Installaties in opstartfase

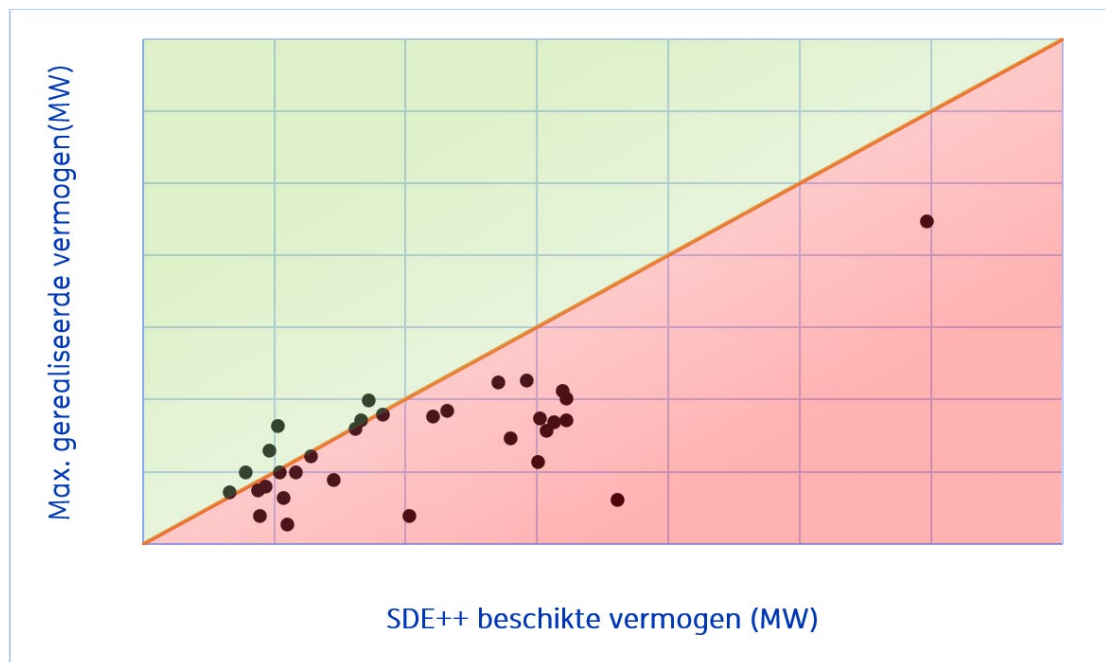
In deze groep vallen de zes aardwarmteproductie-installaties die al gerealiseerd zijn door het succesvol afronden van de boorfase, maar die nog niet zijn gestart met het produceren van aardwarmte (zie hoofdstuk 3.1). Bij deze groep horen ook de drie installaties die in 2024 operationeel zijn geworden maar nog slechts beperkte productie hebben gehad.

Van deze negen installaties is de jaarlijkse warmteproductie zoals vermeld in de (aanvraag) startvergunning overgenomen. Op basis van de resultaten van de geboorde putten heeft TNO-AGE de getallen uit de startvergunning nader kunnen specificeren. In een aanvraag startvergunning wordt een gemiddelde energieproductie per jaar gegeven. Om de variatie in de verwachte productie mee te nemen is naast de gemiddelde energieproductie ook een minimale en maximale jaarlijkse productie meegenomen. In sommige gevallen wordt een maximaal of minimaal vermogen van de installatie in de aanvraag gepresenteerd. Op basis daarvan kan de maximale of minimale jaarlijkse energieproductie worden berekend. Indien

deze niet wordt gegeven, maar wel een maximaal en/of minimaal debiet, dan wordt aan de hand van een DoubletCalc berekening het bijbehorende maximale en/of minimale vermogen bepaald. Indien een minimaal debiet niet wordt gegeven, dan wordt het verschil tussen het maximale en het gemiddelde vermogen van het gemiddelde vermogen afgetrokken en omgezet naar een minimale energieproductie. Er wordt rekening gehouden met de in de startvergunning genoemde startdatum van productie. Indien dit bijvoorbeeld in kwartaal 4 van 2026 is, dan wordt voor het jaar 2026 maar een kwart productie gerekend.

Vermogenscorrectiefactor

Uit een analyse van verwachte P50-geothermische vermogens uit SDE++ beschikkingen t.o.v. de gerealiseerde maximaal behaalde geothermische vermogens komt naar voren dat de laatste vaak lager uitvalt dan wat er beschikt is (figuur 7.1). De gemiddelde afwijking is -20%, met een maximale negatieve afwijking van -83% en maximale positieve afwijking van +62%.



Figuur 7.1: Beschikte SDE++ P50 geothermisch vermogen vs. het gerealiseerde, maximaal behaalde vermogen. Het maximaal gerealiseerde vermogen is op basis van het hoogste maandelijkse vermogen dat door een installatie in zijn productiegeschiedenis is behaald. Elke stip representeert een gerealiseerde productie-installatie. Installaties die in het rode deel vallen hebben een overschat beschikt vermogen, terwijl die in het groen vallen juist een onderschat beschikt vermogen hebben. Hoe verder een stip van de oranje lijn ligt hoe groter het verschil is tussen het beschikte en het gerealiseerde vermogen. NB: vanwege confidentialiteit worden op de assen geen waardes getoond.

Een afwijkend gerealiseerd maximaal behaald vermogen kan bijvoorbeeld veroorzaakt worden door (een combinatie van):

- › Betere of slechtere reservoirkwaliteit (dikte of permeabiliteit) dan verwacht;
- › Verslechterde omstandigheden in een put (scaling of verstopping van de perforaties);
- › Een hogere of lagere warmtevraag dan eerder werd ingeschat.

Aangezien de bulk van de gerealiseerde installaties een lager maximaal behaald vermogen hebben dan eerder is beschikt, is TNO-AGE van mening dat deze afwijking ook meegenomen moet worden in de productieprognoses van alle installaties die nog niet gerealiseerd zijn of

nog niet (jaarrond) geproduceerd hebben. In de productieprognoses van groepen 2 t/m 5 wordt daarom een correctie van -20% (0,8) op de vermogensspreiding toegepast.

7.4 Groep 3: Niet gerealiseerde installaties, in (aangevraagde) startvergunning

Groep 3 bevat de nog niet gerealiseerde aardwarmteproductie-installaties met een (aangevraagde) startvergunning. Deze installaties hebben wel een SDE++ beschikking, aangezien die stap doorgaans wordt genomen voorafgaand aan het aanvragen van een startvergunning. De technische capaciteit van de toekomstige installaties en de warmtevraag zijn in deze fase gedetailleerd uitgewerkt, o.a. op basis van de geologische studie die ook voor de SDE++ aanvraag is gebruikt.

In de aanvraag van een startvergunning wordt een gemiddelde en soms ook een minimaal en maximaal vermogen van de installatie gegeven, met een bijbehorend verwacht aantal operationele uren per jaar. Voor de projecten in deze groep is deze spreiding in vermogens en operationele uren gebruikt. Daarnaast wordt ook de verwachte startdatum van productie overgenomen.

Realisatiecorrectiefactor

In de productieprognose wordt ook rekening gehouden met de mogelijkheid dat een aardwarmteproject niet tot ontwikkeling komt. Op basis van de gegevens die bij TNO-AGE bekend zijn is op basis van een '*expert judgement*' een inschatting gemaakt van de kans dat een project in Groep 3 gerealiseerd zal gaan worden. Uit deze schatting blijkt dat 10 tot 20% van de projecten in Groep 3 een mogelijkheid hebben dat ze, ondanks het aanvragen of verkrijgen van een startvergunning, niet ontwikkeld zullen worden. Om met deze onzekerheid rekening te houden worden de jaarproductiecijfers bij de berekening van de productieprognoses per project gecorrigeerd. Daarvoor wordt een correctiefactor toegepast met een uniforme verdeling tussen 0,8 en 0,9. Na deze correctie wordt ook de vermogenscorrectie van 0,8 toegepast (zie Groep 2).

7.5 Groep 4: Niet gerealiseerde installaties, in toewijzing zoekgebied, met SDE++ beschikking (in aanvraag)

Projecten in Groep 4 liggen in een toewijzing zoekgebied én hebben een SDE++ beschikking of een aanvraag ingediend voor een SDE++ subsidie. Een SDE++ beschikking wordt uitgegeven o.b.v. het P50 geothermisch vermogen dat voorafgaand aan de boringen wordt ingeschat. De aanvraag wordt ingediend binnen een geselecteerde categorie van de SDE++ regeling waaraan een specifiek aantal vollasturen gekoppeld is. Ter onderbouwing van dit vermogen is door de aanvrager een gedetailleerde geologische studie uitgevoerd. TNO-AGE heeft in opdracht van RVO deze geologische studies geauditeerd.

Het P50 vermogen en de bijbehorende vollasturen zijn voor deze groep overgenomen zoals ze in de SDE++ beschikkingen staan vermeld. Als onzekerheidsbandbreedte op het verwachte P50 vermogen zijn ook de daarbij horende P90 en P10 vermogens meegenomen, voor de

vollasturen is een spreiding van +/-10% aangenomen. Voor de SDE++ aanvragen die (nog) niet tot een beschikking hebben geleid, zijn de vermogens en bijbehorende spreiding daarvan overgenomen uit de audit van TNO-AGE. Het aantal vollasturen is overgenomen van de categorie waarin de aanvraag is ingediend.

Bij de projecten met alleen een SDE++ beschikking is niet altijd duidelijk wanneer de productie zal starten. Soms wordt het genoemd in een door de maatschappij verstrekt werkplan, maar over het algemeen is door TNO-AGE een inschatting gemaakt op basis van de resterende duur van de toewijzing zoekgebied (inclusief 1 jaar verlenging) en de maximale duur van de startvergunning. Het 3^e jaar na het mogelijk in werking treden van de startvergunning is dan de theoretische startdatum van productie die in de prognose wordt gebruikt, uitgaande dat deze in de maximale realisatietermijn (zes jaar)²³ van een SDE++ beschikking zit. Dit komt goed overeen met de toegenomen gemiddelde lengte van de opstartfase van een aardwarmteproductie-installatie²⁴.

De realisatiekans van projecten in Groep 4 is minder groot dan die in Groep 3. Op basis van de gegevens die bij TNO-AGE bekend zijn is o.b.v. '*expert judgement*' de kans ingeschat dat een project in Groep 4 niet gerealiseerd zal gaan worden. Van de projecten die alleen een SDE++ beschikking hebben zal mogelijk 20 tot 30% niet gerealiseerd worden. Projecten in deze groep krijgen daarom een correctie met een uniforme verdeling tussen 0,7 en 0,8. Na deze correctie wordt ook de vermogenscorrectie van 0,8 toegepast (zie Groep 2).

7.6 Groep 5: Niet gerealiseerde installaties, in toewijzing zoekgebied (in aanvraag), zonder SDE++ beschikking

Groep 5 bevat aardwarmteprojecten zonder gerealiseerde installatie, met een (aangevraagde) toewijzing zoekgebied, maar nog zonder een SDE++ beschikking of ingediende aanvraag voor een SDE++ subsidie. Projecten binnen het ultradiepe-geothermie (UDG) domein worden niet meegenomen, omdat op dit moment dergelijke projecten te duur en te onzeker zijn²⁵.

Voor een aanvraag toewijzing zoekgebied is een regionale geologische studie nodig. Deze studie bevat niet het detailniveau die voor een SDE++ aanvraag is vereist. In de regionale geologische studies zijn één of meerdere geothermische prospects geïdentificeerd: gebieden die mogelijk potentie hebben voor de winning van aardwarmte. Op basis hiervan wordt in de aanvraag veelal een verwacht P50 geothermisch vermogen (en spreiding in de vorm van een P10 en P90 vermogen) gegeven. Deze wordt gebruikt voor de productieprognose.

In de aanvraag toewijzing zoekgebied ontbreekt vaak het aantal operationele uren of vollasturen. Om een inschatting te maken van de vollasturen is gekeken naar de herkomst van de primaire warmtevraag (glastuinbouw of de gebouwde omgeving) en of er gebruik

²³ Smekens, K. en Lenzmann, F. (2022) SDE++ realisatiegraad en -termijnen.

²⁴ Van der Molen, J. & Tolsma, S. (2024) Aardwarmte in Nederland. 2023: een recordjaar, maar toch teleurstellend.

²⁵ <https://www.ebn.nl/aardwarmte-onderzoek-naar-aardwarmte-onderzoek-naar-udg-geleerde-lessen-udg-rapporten-geleerde-lessen-udg-rapporten/>

gemaakt gaat worden van een al bestaand (hoge temperatuur) of nog aan te leggen warmtenet (lage temperatuur). Op basis hiervan zijn aan de projecten van deze groep 3500 tot 6000 vollasturen toegekend.

Veel vergunde toewijzing zoekgebieden zijn relatief groot in oppervlak. Theoretisch kunnen daarin meerdere aardwarmteproductie-installaties gerealiseerd worden. Voor deze productieprognose wordt ervan uitgegaan dat elk toewijzing zoekgebied één installatie voortbrengt. Echter, voor een aantal toewijzing zoekgebieden is bij de aanvraag een concreet voorstel gedaan voor de realisatie van meerdere installaties in dat gebied, met specifieke vermogens en realisatietermijn per installatie. In die gevallen, als het nog passend is in de grootte van de vergunning, is de realisatie van extra installaties in de specifieke vergunning wel meegenomen in de productieprognose.

De werkplannen die bij de aanvraag toewijzing zoekgebied worden gepresenteerd zijn meestal niet concreet en daarmee onzeker. Sommige maatschappijen hebben voor een toewijzing zoekgebied na het verkrijgen van de vergunning een geactualiseerd werkplan aangeleverd. In die gevallen is de start van productie is daaruit overgenomen. Als er geen geactualiseerd werkplan is, wordt de start van de productie bepaald door uit te gaan van de maximale duur van de toewijzing zoekgebied (inclusief één jaar verlenging) en een daaropvolgende startvergunning, waar het 3^e jaar van deze theoretische startvergunning gekozen wordt als start van de productie.

Net zoals in Groep 4 worden ook de productieprognoses van Groep 5 gecorrigeerd voor de mogelijkheid dat projecten in een toewijzing zoekgebied niet gerealiseerd zullen gaan worden. Met de gegevens die bij TNO-AGE bekend zijn is ook voor Groep 5 een '*expert judgement*' gemaakt van de realisatiecorrectie: naar onze inschatting zal 40% van deze projecten mogelijk niet gerealiseerd worden. Verder is ook gekeken naar het verleden van aardwarmtevergunningen, waaruit blijkt dat tot op heden er ongeveer 220 toewijzing zoekgebieden (of in het verleden een opsporingsvergunning) actief zijn (geweest). De helft, dus 50%, van deze zijn in het verleden teruggegeven of verlopen. Op basis hiervan is een uniforme verdeling gemaakt tussen 0,5 en 0,6, welke gebruikt wordt als correctie op de jaarproductie van de projecten in Groep 5.

Na deze correctie wordt ook de vermogenscorrectie van 0,8 toegepast (zie Groep 2).

7.7 Groep 6: Niet gerealiseerde installaties, zonder toewijzing zoekgebied en zonder SDE++ beschikking

Groep 6 omvat fictieve aardwarmteprojecten, die nog geen aardwarmtevergunning of SDE++ beschikking hebben. De verwachting is dat in de loop van de jaren nieuwe toewijzing zoekgebieden aangevraagd zullen gaan worden waaruit nieuwe aardwarmteproductie-installaties voortkomen. Aangezien nog niet bekend is waar en wanneer welke zoekgebieden toegewezen zullen gaan worden, is over de potentiële aardwarmteproductie van die projecten in feite nog niets bekend. Om toch tot een inschatting van een mogelijke vermogensspreiding van een fictief project te komen is van alle P50 vermogens van projecten in Groepen 4 en 5 een gezamenlijk P90, P50 en P10 vermogen bepaald. De vollasturen worden

bepaald met een dubbele driehoeksverdeling. De verdeling hiervan is afhankelijk van een verhouding tussen warmtelevering aan de gebouwde omgeving en de glastuinbouw. Bij de berekening van de jaarlijkse productie wordt ook rekening gehouden met de toename van het aandeel van projecten in de gebouwde omgeving. Momenteel heeft 1 van de 23 producerende installaties een primaire warmtevraag vanuit de gebouwde omgeving (naar boven afgerond 5%). In scenario's van ADAPT en TRANSFORM²⁶ en het Masterplan²⁷ is de verwachting dat het aandeel in 2050 zal stijgen naar respectievelijk 57%, 75% en 77%. De huidige verdeling in primaire warmtevraag tussen de gebouwde omgeving en de glastuinbouw in aardwarmtevergunningen is momenteel 50%. Het gemiddelde van deze scenario's is 65%, en de groei van 5 % naar 65% in 2050 wordt d.m.v. een formule meegenomen bij de berekening van de jaarlijkse productie door de tijd heen. Dit wordt gedaan op basis van het aantal vollasturen, waarbij er vanuit wordt gegaan dat het aantal vollasturen in de gebouwde omgeving lager is dan in de glastuinbouw.

Over het algemeen wordt aangenomen dat projecten in de gebouwde omgeving ca. 3500 vollasturen hebben. Uit een analyse van toekomstige aardwarmteprojecten komt naar voren dat de verwachting is dat hier steeds meer aardwarmteprojecten als basislast ingezet zullen gaan worden, dus bij 6000 vollasturen. Van deze projecten is een gewogen gemiddelde bepaald dat uitkomt op 5270 vollasturen, wat is meegenomen in de berekening van de jaarlijkse productie. Per fictieve installatie wordt op de jaarlijkse productie een vermogenscorrectie van 0,8 toegepast (zie groep 2).

Realisatie-inspanning

Het aantal fictieve gerealiseerde installaties varieert per jaar tussen de 0 en 10. Deze spreiding is vastgesteld op basis van de historische realisatie van installaties maar ook van de verwachting van de komende paar jaar. De verdeling wordt gedefinieerd door een trapezoïde kansdichtheidsverdeling, waarbij het aantal gerealiseerde installaties tussen de 2 en de 6 een gelijke kans hebben. Van 2 naar 0 en van 6 naar 10 is een afnemende kans, na 10 is de kans 0. In de discussie wordt de realiseerbaarheid van het aantal boringen, en dus installaties, per jaar kort behandeld, waarbij beschikbaarheid van boorinstallaties een obstakel kan zijn, maar ook de financiële middelen van aardwarmtemaatschappijen.

Productie van nieuwe installaties vanuit fictieve projecten start vanaf 2033, waarbij de verwachting is dat fictieve installaties zullen worden gerealiseerd in nieuwe toewijzing zoekgebieden en daaruit voortkomende startvergunningen die potentieel aangevraagd zullen gaan worden.

²⁶ TNO (2024) Towards a sustainable energy system for the Netherlands in 2050. Scenario update and scenario variants for industry (TNO P10607).

²⁷ Stichting Platform Geothermie, DAGO, Stichting WarmteNetwerk & EBN (2018) Masterplan Aardwarmte in Nederland. Een brede basis voor een duurzame warmtevoorziening.

7.8 Overzicht modelleer parameters

Voor de stochastische analyse zijn vrijwel alle parameters voor de berekening in een bandbreedte laag – midden – hoog opgegeven en is daarbij een type kansverdeling gekozen. Tabel 7.3 geeft een overzicht van deze per groep.

Tabel 7.3: Overzicht van de parameters en bijbehorende typen kansverdelingen. Vermogens worden meegenomen in een l(aag) – m(idden) – h(oog) spreiding. Bij de vermogens en de operationele- of vollasturen is een dubbele driehoek als type kansverdeling gebruikt. Voor de realisatiecorrectiefactor een uniforme verdeling en de realisatie-inspanning een trapezoïde verdeling.

Parameter Verdeling	Groep						
	1a	1b	2	3	4	5	6
Geproduceerde energie	Hoogste jaarprod. 2023 of 2024 $\pm 7\%$	Hoogste jaarprod. 2023 of 2024 $\pm 10\%$	-	-	-	-	-
Verdeling geproduceerde energie	Dubbele driehoek	Dubbele driehoek	-	-	-	-	-
Vermogen	-	-	l-m-h uit startvg.	l-m-h uit startvg.	l-m-h uit SDE beschikking of aanvraag	l-m-h uit aanvraag toewijzing zoekgebied	l-m-h obv verdeling Groepen 4 en 5
Verdeling vermogen	-	-	Dubbele driehoek	Dubbele driehoek	Dubbele driehoek	Dubbele driehoek	Dubbele driehoek
Operationele of vollasturen	-	-	Op. uren uit startvg. $\pm 10\%$	Op. Uren uit startvg. $\pm 10\%$	Vollast uit SDE categorie $\pm 10\%$	Vollast uit aanvraag toewijzing zoekgebied of primaire warmtevr $\pm 10\%$	Vollast aflopend van 5964 uur in 2025 naar 5540 in 2050 $\pm 10\%$
Verdeling draai / vollasturen	-	-	Dubbele driehoek	Dubbele driehoek	Dubbele driehoek	Dubbele driehoek	Dubbele driehoek
Vermogens correctiefactor	-	-	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Realisatie correctiefactor	-	-	-	0,8-0,9	0,7-0,8	0,5 – 0,6	-
Verdeling realisatie correctiefactor	-	-	-	Uniform	Uniform	Uniform	-
Realisatie-inspanning	-	-	-	-	-	-	0-2-6-10
Verdeling realisatie inspanning	-	-					trapezium

7.9 Invloed van de SDE++ op ontwikkeling van toekomstige aardwarmtewinning

Eerder in 2025 werd door de Rijksoverheid aangegeven dat in 2026 mogelijk geen SDE++ openstelling zal zijn vanwege een tekort aan beschikbaar budget²⁸. In april is in de Voorjaarsnota²⁹ toegezegd dat in 2026 toch een openstelling zal zijn door het verschuiven van kasgelden, maar desondanks blijft de toekomst onzeker voor opeenvolgende rondes.

Om de impact hiervan te toetsen op de ontwikkeling van de aardwarmteproductie in Nederland, worden een aantal extra productieprognoses opgesteld die deze onzekerheid meenemen. Deze worden gemaakt naast de ‘base case’ productieprognose, paragraaf 5.2. De ‘base case’ gaat uit van ‘business as usual’, waarbij aangenomen wordt dat in elk jaar een SDE++ ronde geopend zal worden met behoud van budget. In de extra SDE++ scenario’s wordt geen rekening gehouden met de introductie van een eventuele CAPEX subsidie³⁰.

De extra SDE++ scenario’s behelzen:

1. Geen SDE++ budget beschikbaar in 2026;
2. Geen SDE++ budget beschikbaar in 2026 en 2027;
3. Geen SDE++ budget beschikbaar in 2026 t/m 2029;
4. Geen SDE++ budget beschikbaar na 2025;
5. Halvering van SDE budget in 2026;
6. Halvering SDE++ budget na 2025.

De verschillende scenario’s hebben invloed op projecten in Groepen 5 (enkel met toewijzing zoekgebied) en 6 (fictieve installaties). Per SDE++ openstelling, behalve in SDE scenario’s 5 en 6, wordt ervan uitgegaan dat maximaal 10 aardwarmteprojecten een beschikking kunnen krijgen. Indien er meer projecten binnen Groep 5 dan dit aantal hebben aangevraagd, dan schuift het overtallige aantal projecten door naar de openstelling in het daaropvolgende jaar. Mochten er in dat jaar wederom meer dan 10 (of gemiddeld 4 in SDE scenario’s 5 en 6) aanvragen zijn, dan worden projecten wederom een jaar doorgeschoven. Hierbij wordt ook rekening gehouden met de maximale vergunningsduur van een toewijzing zoekgebied. Indien een SDE++ beschikking niet afgegeven kan worden voordat de einddatum van een toewijzing zoekgebied bereikt wordt, dan wordt ervan uitgegaan dat de vergunning opnieuw zal worden aangevraagd. Aangenomen wordt dat dit in het daaropvolgende jaar zal plaatsvinden en dat twee jaar daarna een nieuwe SDE++ subsidie wordt aangevraagd. De fictieve installaties zijn in deze prioritering ondergeschikt en het aantal fictieve installaties per jaar wordt beïnvloed door verschuivingen in Groep 5. Dit vertaalt zich naar een aanpassing van de trapezoidale kansdichtheidsverdeling: de uniforme distributie begint dan al bij nul i.p.v. twee en loopt tot twee, waarna de kans afneemt naar zes.

²⁸ Hermans, S. Th. M. (2025) Stimulering duurzame energieproductie.

²⁹ Rijksoverheid (2025) Voorjaarsnota

³⁰ Geothermie Nederland (2024) Reactie Geothermie Nederland op kamerbrief ‘Stand van zaken geothermie (aardwarmte)’

Ondertekening

TNO › Energy & Materials Transition › Utrecht, 20 juni 2025

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'N.H. Zornig', is written over a faint, light blue circular stamp or watermark.

N.H. Zornig
Research Manager AGE

Energy & Materials Transition

Princetonlaan 6
3584 CB Utrecht
www.tno.nl