

# ESG & Economie

Economisch Bureau | Sustainability Research | 22 januari 2025

## Geothermische energie heeft een groot potentieel, maar let op de uitdagingen

Georgette Boele, Senior econoom Duurzaamheid | [georgette.boele@nl.abnamro.com](mailto:georgette.boele@nl.abnamro.com)

- Geothermische energie voorziet momenteel in minder dan 1% van de wereldwijde energiebehoefte, maar heeft een enorm potentieel
- Geothermische energie kan worden gebruikt voor het opwekken van elektriciteit en verwarming. Het heeft slechts een fractie van de levenscyclusmissies in vergelijking met de verbranding van fossiele brandstoffen
- In tegenstelling tot zonne- en windenergie, die te maken hebben met intermittentie, kan geothermische energie 24 uur per dag elektriciteit opwekken, warmte produceren en opslaan
- Maar geothermische energie kent ook haar uitdagingen
- De warmte van de aarde is oneindig, terwijl een geothermisch systeem maar 20 of 30 jaar meegaat
- Geothermische systemen kunnen aardbevingen veroorzaken door veranderingen in de structuur van de aarde
- Geothermische energie als koolstofarme technologie is duur in vergelijking met andere technologieën
- Om geothermische energie economisch rendabel te maken zijn subsidies, hogere prijzen voor fossiele brandstoffen en/of een hogere ETS-prijs nodig

### Inleiding

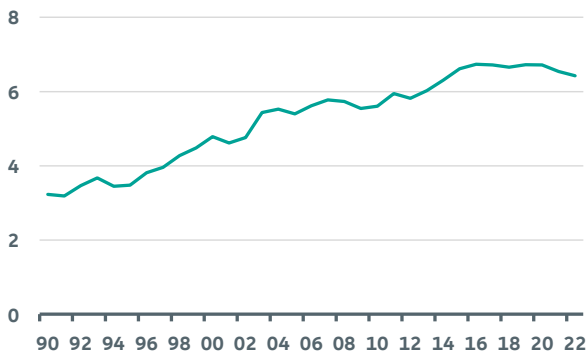
Geothermische energie is een technologie om de uitstoot voor verwarming en elektriciteitsproductie te verminderen in vergelijking met technologieën die fossiele brandstoffen gebruiken. Het is een technologie die momenteel nog niet op grote schaal wordt gebruikt, maar ze heeft een groot potentieel. Volgens het Internationale Energieagentschap (IEA) voorziet de opwekking van geothermische energie momenteel in minder dan 1% van de wereldwijde vraag naar energie (zie [hier](#) voor meer informatie). Uit gegevens van Eurostat blijkt dat de geothermische elektriciteitsopwekking minder dan 0,25% van de bruto elektriciteitsopwekking in de EU27 bedraagt en minder dan 0,1% van de totale geïnstalleerde elektriciteitscapaciteit. De grafieken hieronder tonen de geothermische elektriciteitsopwekking en geïnstalleerde capaciteit in de EU als geheel.

In tegenstelling tot zonne- en windenergie, die te maken hebben met intermittentie, kan geothermische energie 24 uur per dag elektriciteit opwekken, warmte produceren en opslaan. Het is dus een hernieuwbare energiebron zoals geen andere. Volgens het IEA kan geothermische energie dag en nacht op maximale capaciteit draaien. Gemiddeld had de wereldwijde geothermische capaciteit een benuttingsgraad van meer dan 75% in 2023, vergeleken met minder dan 30% voor wind en minder dan 15% voor zon-PV (zie [hier](#) voor meer informatie).

In Nederland wordt geothermische energie nog niet gebruikt voor het opwekken van elektriciteit maar wel voor aardwarmte. In deze publicatie richten we ons op het potentieel van geothermische energie in Nederland. We leggen uit wat geothermie is. Daarna laten we zien welke samenstelling goed is voor geothermie en wat een goed potentieel voor geothermie bepaalt. Vervolgens leggen we de verschillende geothermische systemen uit om warmte uit de aarde te gebruiken. We richten ons ook op de marginale reductiekosten van geothermische energie. We eindigen met een conclusie.

## Geothermische elektriciteitsopwekking EU

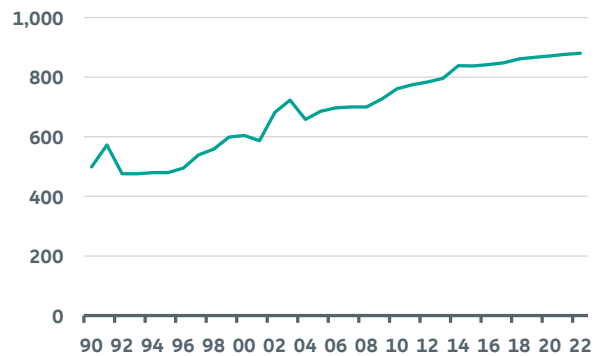
In TWh



Bron: Eurostat

## Geïnstalleerde geothermische capaciteit EU

MW



Bron: Eurostat

## Wat is geothermische energie?

Geothermische energie is warmte (thermisch) die afkomstig is van de aarde (geo). Het is de thermische energie die zich bevindt in het gesteente en de vloeistof die de breuken en poriën in het gesteente van de aardkorst vult. Er zijn twee warmtebronnen: bodemenergie en geothermische energie. Bodemwarmte is de warmte die tot 400 meter diep in de grond is opgeslagen. Deze warmte is afkomstig van de zon. Geothermische warmte is warmte afkomstig van de aarde, komt uit het binnenste van de aarde en bevindt zich dieper dan 500 meter.

Wat zijn de bronnen van aardwarmte? Ten eerste is de warmte overgebleven van het ontstaan van onze planeet. Sinds haar ontstaan heeft de aarde warmte verloren in de ruimte. Het is dus de warmte die nog niet verloren is gegaan. Het binnenste van de aarde is nog steeds erg heet; het ligt tussen de 4.400° C-6.000° C.

Ten tweede wordt warmte veroorzaakt doordat dichter materiaal naar het centrum van de planeet zakt. Dit wordt wrijvingsverwarming genoemd die verantwoordelijk is voor de temperatuurstijging in het contactgebied van de glijvlakken (zie [hier](#) voor meer informatie).

Ten derde, als materialen kristalliseren van vloeibaar naar vast, resulteert dit in warmte. Kristallisatie is het proces waarbij vaste stoffen worden gevormd, waarbij de atomen of moleculen sterk georganiseerd zijn in een structuur (=kristal). Wanneer kristallisatie plaatsvindt, vermindert de beweging van atomen of moleculen en komt er warmte vrij.

Tot slot wordt warmte ook veroorzaakt door het verval van radioactieve elementen. Dit wordt vervalwarmte genoemd. Tijdens radioactief verval wordt massa omgezet in energie en een belangrijk deel van deze energie wordt omgezet in warmte (zie [hier](#) voor meer informatie). Ongeveer 50% van de interne warmte van de aarde is afkomstig van radioactief verval.

Hoewel de interne warmte van de aarde de energiebron is voor processen zoals *plate tectonics* en delen van de gesteentecyclus, levert het slechts een fractie van een procent aan de gemiddelde atmosfeertemperatuur van de aarde. De *plate tectonics* verklaart de functie van de bovenste lagen van de planeet. In het algemeen draagt het binnenste van de aarde ongeveer 0,05 watt per vierkante meter bij aan de atmosfeer, terwijl inkomende zonnestraling ongeveer 341,3 watt per vierkante meter toevoegt (zie [hier](#) voor meer informatie).

Warmte die in de aarde is opgeslagen kan dus afkomstig zijn van de zon (aardwarmte) of van de aarde zelf (aardwarmte). De temperatuur in de aarde neemt toe met de diepte. Gemiddeld stijgt de temperatuur in de continentale korst met 20-30° C per kilometer diepte. Je kunt warmte oogsten uit gebieden met hoge warmtestromen zoals vulkanische zones of uit sedimentaire gesteenten zoals zandsteen en kalksteen van aanzienlijke dikte.

## Nederland geschikt voor geothermische energie

Voor sommige landen zoals Nederland zijn er geen of weinig heuvels. Maar in de Nederlandse ondergrond zijn er behoorlijk wat structuren. De samenstelling van de ondergrond is belangrijk om te bepalen of er potentieel is voor geothermische energie. Er zijn verschillende factoren die bepalen of een onderlaag geschikt is voor geothermische energie. Deze factoren zijn diepte, dikte van de laag, porositeit en permeabiliteit. De diepte is belangrijk, want hoe

dieper het boorgat, hoe hoger de temperatuur. De dikte van de laag geeft het geothermisch potentieel aan. Hoe dikker de laag, hoe hoger het potentieel, maar het potentieel is hoger als de laag zich tussen kleilagen bevindt die deze laag afsluiten (water blijft binnen de laag). Verder moet het materiaal een goede porositeit en permeabiliteit hebben. Poreusheid en permeabiliteit zorgen voor een efficiënte vloeistofstroom, wat essentieel is voor de winning van aardwarmte. De ideale bodem voor geothermische energie bestaat uit 50% vaste stof, 25% lucht en 25% water. In Nederland zijn er vier geschikte formaties<sup>1</sup>. De verschillende lagen kunnen worden gebruikt voor verschillende soorten geothermische energie (ondiep, middendiep of diep, zie hieronder). Nederland heeft een groot potentieel voor verschillende soorten geothermie omdat er geschikte formaties aanwezig zijn.

## Technologieën

In dit hoofdstuk richten we ons op de verschillende geothermische technologieën. Hierboven hebben we aangegeven dat de ondergrond niet vlak is en dat er potentiële lagen zijn op verschillende diepten. Om te onderzoeken of geothermische energie een mogelijke oplossing is voor verwarming en/of elektriciteit, moet onderzocht worden of de ondergrond op een bepaalde plaats één of meer van deze geschikte formaties heeft. Daarnaast is het belangrijk wat het doel is van het gebruik van geothermische energie. Verder zijn de volgende vragen van belang:

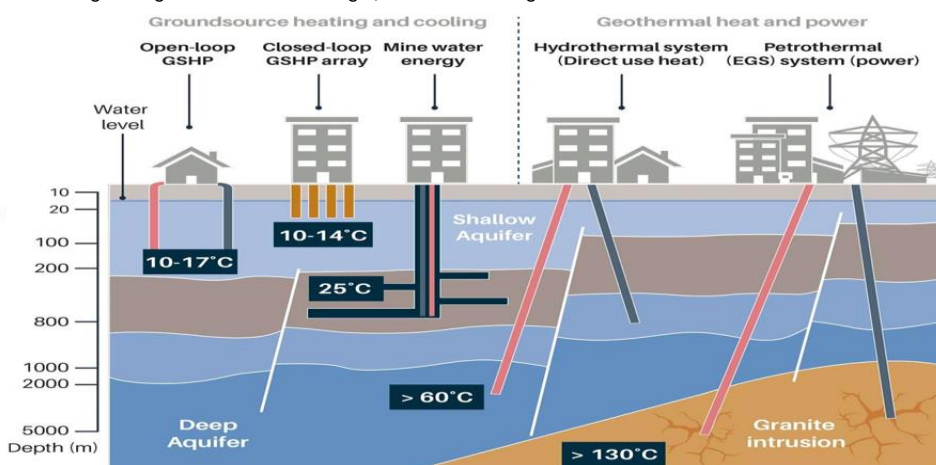
- Wordt de geothermische energie gebruikt voor één huis, meerdere huizen, industrie of elektriciteitsproductie?
- Is er verwarming, koeling of beide nodig?
- Met welke juridische en milieuaspecten moet rekening worden gehouden?

Als er een overzicht is van geschikte formaties, het doel van de geothermische energie, verwarming/koeling of beide, regelgeving en milieukwesties, kan de technologie worden gekozen. Hieronder staan meer details over de verschillende technologieën.

Eerder constateerde wij dat de warmte in de aarde afkomstig kan zijn van de zon of van de aarde. Voor warmte afkomstig van de zon zijn er ondiepe geothermische systemen en voor warmte afkomstig van de aarde zijn er diepe geothermische systemen (zie onderstaande grafiek). De zon kan alleen de ondiepe lagen van de aarde verwarmen. Warmte afkomstig van de zon heeft lagere temperaturen en moet worden verwarmd met warmtepompen om de temperatuur van ongeveer 14° C verder te verhogen tot het gewenste niveau. Aardwarmte kan worden verwarmd zonder dat er warmtepompen nodig zijn. Bovendien worden zeer diepe geothermische systemen gebruikt voor de productie van elektriciteit en proceswarmte<sup>2</sup>. De stoom komt uit de reservoirs met heet water en deze stoom laat een turbine draaien die een generator activeert die elektriciteit produceert (zie [hier](#) voor meer informatie). De grafiek hieronder toont de verschillende geothermische technologieën voor aardwarmte.

### Geothermische energiesystemen

Bodemenergie = afgeleid van zonne-energie, aardwarmte = afgeleid van de aarde



Bron: [Duurzaam Noord-Ierland](#)

<sup>1</sup> Gunatilake, 2024. *Geothermie*. Geothermie - Nederlandse Ondergrond, VU Amsterdam).

<sup>2</sup> Gunatilake, 2024. *Geothermische energie*. Geothermie - Inleiding, VU Amsterdam).

## Ondiepe geothermische systemen

Ondiepe geothermische energie of aardwarmte is een systeem om hernieuwbare warmte-energie uit de grond te halen, te concentreren en te gebruiken om warmte en sanitair warm water te leveren. De boorgaten gaan niet dieper dan 400 meter. Voor bodemenergie zijn er verschillende technologieën om de warmte te gebruiken: thermische energieopslag in boorgaten (BTES), thermische energieopslag in watervoerende lagen (ATES) en mijnwaterenergie. Er is een aardwarmtepomp (GSHP) nodig om de temperatuur op het gewenste niveau te brengen.

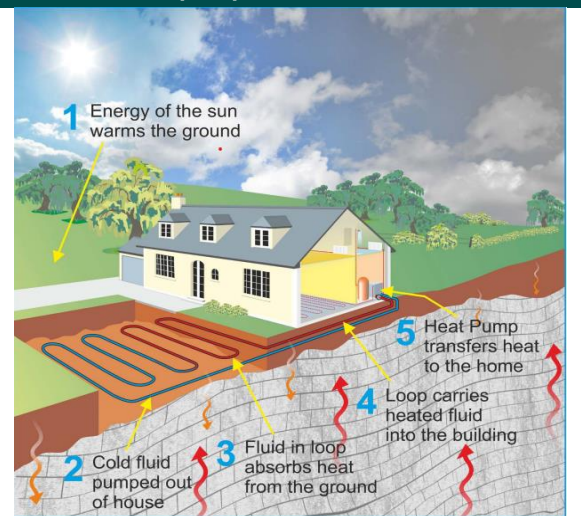
### Warmteopslag in boorgaten (of BTES)

Deze technologie maakt gebruik van een reeks boorgaten (smalle schachten die in de grond worden geboord) om overtollige warmte op te slaan in ondiepe geologische omgevingen (zie [hier](#) voor meer informatie). De boorgatwarmtewisselaar (of BHE) bevindt zich in het boorgat. Het is een apparaat om geothermische warmte te onttrekken aan het ondiepe gesteente<sup>3</sup>. De boorgaten hebben voornamelijk een verticale lus of een horizontale lus. Een lus is een plastic pijp in de vorm van een U. De afbeelding hieronder toont een systeem met een horizontale lus. De temperatuur is over het algemeen laag, tussen 10-14° C. De grond mag niet te veel afkoelen, anders is het systeem niet bruikbaar.

Het systeem transporteert en slaat overtollige warmte uit de grond op via de vloeistof water-glycolmedium. De vloeistof is een water-glycol medium of water met een niet-giftige antivries. Verticale lussystemen hebben boorgaten tot 150 meter en zijn bedoeld voor kleinere projecten en huizen. Dit zijn gesloten lussystemen. Dit betekent dat er geen grondwater wordt opgepompt en dat er geen invloed is op het grondwater. Er zijn geen specifieke hydrogeologische voorwaarden vereist. Het nadeel is dat deze systemen veel ruimte in beslag nemen.

Een gesloten (horizontale) lus werkt als volgt: de zon verwarmt de aarde (1). De koude vloeistof die uit het huis wordt gepompt (2) onttrekt de warmte aan de grond (3). De verwarmde vloeistof wordt het huis binnengebracht (4). De warmtepompen verwarmen het water verder en geven de warmte door aan de woning (5).

### Bodemwarmtepomp met horizontale lus



Bron: [Duurzaam Noord-Ierland](#)

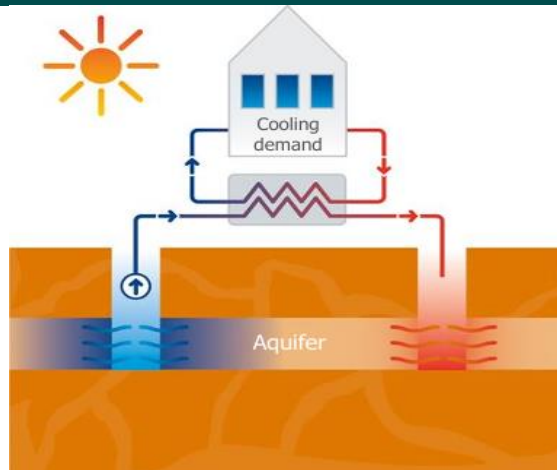
### Opslag van thermische energie in watervoerende lagen (ATES)

In een aquifer voor thermische energieopslag wordt natuurlijk grondwater gebruikt om de thermische energie op te slaan. Een aquifer is een ondergrondse laag waterhoudend materiaal, bestaande uit doorlatend of gebroken gesteente, of uit ongeconsolideerde materialen. De energie wordt rechtstreeks uit het water gehaald door het door een warmtewisselaar te pompen (in de meeste gevallen is er een warmtewisselaar vóór de warmtepomp zelf). Deze collectoren zijn verticale systemen waarbij het water meestal wordt gewonnen door grondwater uit een boorgat of put te pompen. Zodra de warmte-energie is onttrokken, kan het grondwater weer in de grond worden geïnjecteerd met

<sup>3</sup> Drijver, 2024. *Geothermie*. Ondiepe geothermie, VU Amsterdam).

behelp van een herinjectieput (op deze manier is het in balans). De onderstaande grafiek toont dit proces. In de zomer wordt warm water geïnjecteerd en wordt het koude water opgepompt (zie onderstaande afbeelding). Het geïnjecteerde water mag maximaal 25° C zijn. In de winter wordt het proces omgekeerd. Dit is een open lussysteem en is altijd in evenwicht.<sup>4</sup>

## ATES



Bron: Drijver, 2024. Geothermie. Ondiepe geothermie, VU Amsterdam).

Dit systeem kan aparte warme en koude putten hebben (doubletsysteem) of koude en warme putten in één boorgat (monoputsysteem). Doubletten worden gebruikt voor grootschalige projecten en monoputsystemen voor kleinschalige projecten. De tabel hieronder toont het verschil tussen open en gesloten geothermische systemen.

## Open lus versus gesloten lus

Open lus	Gesloten lus
Vereist aanwezigheid van een grondwater voorraad	Kan vrijwel overal worden gebruikt
Specifieke hydrogeologische omstandigheden vereist (watervoerende laag, waterkwaliteit)	Voldoende bodemomstandigheden moeten worden vastgesteld bij de woning
Minder ruimte nodig	Horizontale lus vereist de meeste ruimte
Hogere warmteonttrekkingscapaciteit per boorgat	Lagere warmteafvoer per boorgat
Onderhoud van de put is nodig	Minder onderhoud dan systemen met open lus
Geen verspilling van grondwater	Geen gebruik van grondwater
In staat om seizoensgebonden energie op te slaan	Alleen voor verwarming
Temperatuur ongeveer 6-25°C	Temperatuur ongeveer 10-14°C
Diepte 40-400 meter	Diepte tot 150 meter

Bron: [Duurzaam Noord-Ierland](#), Drijver, 2024. Geothermische Energie. Ondiepe geothermische energie, VU Amsterdam).

## Thermische energie uit mijnwater

Naast BTES en Ates is het ook mogelijk om de warmte te onttrekken die is opgeslagen in ondergelopen mijnen. Warm mijnwater wordt uit een boorgat gehaald. Een warmtepomp onttrekt warmte aan het mijnwater en gebruikt deze om huizen te verwarmen. Het warme water circuleert in een aparte lus naar de huizen. Wanneer de warmte is onttrokken, wordt het mijnwater teruggevoerd naar de mijnen om opnieuw te worden verwarmd. Deze technologie kan worden gebruikt in landen met veel overstromde mijnen. Mijnwater heeft temperaturen tussen 10-25°

## Middendiepe geothermische systemen

Hierboven hebben we besproken dat Ates-systemen maximale injectietemperaturen van 25-30° C hebben. Dit zijn lage temperatuur Ates-systemen of LT-ATES. Er zijn ook hoge temperatuur Ates-systemen. Bij hogetemperatuur-ATES-systemen is er sprake van seizoensopslag van restwarmte. Het kan direct worden toegepast op een stadsverwarmingsnetwerk zonder gebruik te maken van warmtepompen. Deze hebben opslagtemperaturen boven 50° C, meestal tussen 70-90° C. Ze maken gebruik van aquifers met een diepte tussen 150-500 meter.

<sup>4</sup> Drijver, 2024. Geothermie. Ondiepe geothermie, VU Amsterdam).

## Diepe geothermische systemen

Bij geothermische energie met hoge temperatuur gaat het om boringen in diepe gelaagde watervoerende lagen met een hogere temperatuur dan 60° C of granietlagen met een temperatuur boven 130° C. De eerstgenoemde methode kan direct worden toegepast voor stadsverwarming zonder gebruik te maken van warmtepompen en is bedoeld voor grootschalige projecten, ofwel meer dan 2.500 huizen. Diepe geothermische energie met boorputten naar granietlagen wordt gebruikt voor elektriciteitsproductie. Diepe geothermische bronnen zijn tot 5 km diep. Systemen met boringen dieper dan 4.000 meter worden ultradiep genoemd. Waar de temperaturen geschikt zijn voor energieproductie, wordt een reservoir gecreëerd door water of een andere vloeistof onder hoge druk te injecteren om breuken in het gesteente te creëren of uit te zetten. Hierdoor wordt de permeabiliteit vergroot. Deze systemen worden verbeterde geothermische systemen genoemd. Ze kunnen open of gesloten zijn. De geïnjecteerde vloeistof absorbeert warmte uit het gesteente terwijl het door het reservoir stroomt. Deze hete vloeistof wordt dan terug naar de oppervlakte gepompt. Voor het opwekken van energie gaat de verwarmde vloeistof door een warmtewisselaar of turbinesysteem aan de oppervlakte om elektriciteit op te wekken of voor directe verwarming te zorgen. Daarna wordt de afgekoelde vloeistof opnieuw in het reservoir geïnjecteerd, waardoor de reservoirdruk behouden blijft en de duurzaamheid verzekerd is (zie afbeelding over geothermische energiesystemen hierboven)<sup>5</sup>.

## Uitdagingen voor geothermische energie

Geothermische energie heeft veel voordelen, zoals lage levenscyclusemissies (lage emissiekosten) en het feit dat het een betrouwbare, geen intermitterende (dus continue) energiebron is voor een lange periode. Maar er zijn ook verschillende nadelen.

Ook al lijkt de warmte van de aarde oneindig, een geothermisch systeem is dat niet. Bij ondiepe geothermische systemen leidt het oogsten van warmte uit de aarde na verloop van tijd tot een lagere temperatuur op die locatie. Dit betekent dat het boorgat of de systemen op een gegeven moment niet meer genoeg warmte leveren, zodat er naar een andere locatie moet worden gezocht. Bij een diep geothermisch energiesysteem wordt het koelere water ook in een put geïnjecteerd. Het zal ook meer dan 10 jaar duren voordat de aarde dit water weer heeft opgewarmd.

Een ander punt om in gedachten te houden is dat er continue beweging is in de ondergrond, zichtbaar door aardbevingen en vulkaanuitbarstingen. Tijdens activiteiten in de ondergrond zijn er veranderingen in druk, temperatuur, massa en volume. Veranderingen in de spanningssituatie kunnen leiden tot breuk van het reservoir en/of breuken kunnen bewegen (*slip*)<sup>6</sup>. Dit kan seismische gevolgen hebben. Er bestaat bezorgdheid dat geothermische activiteit kan leiden tot seismiciteit. Geïnduceerde seismiciteit verwijst naar aardbevingen die worden veroorzaakt door antropogene activiteiten. Uit een rapport van TNO blijkt dat er voor geothermische systemen in Nederland een laag tot gemiddeld seismisch potentieel is. Maar de gevoelde seismiciteit in verband met geothermische activiteiten niet kan worden uitgesloten, zelfs als er mitigerende maatregelen worden geïmplementeerd. Absolute garanties dat gevoelde seismiciteit afwezig zal zijn, kunnen niet worden gegeven. Dit komt door de onzekerheden in de geologie en de interactie van operaties met die geologie, gezien de onzekerheid van locaties en spanningsveranderingen bij breuken. Mitigerende maatregelen zoals lokale seismische bewaking in combinatie met een stoplichtsysteem kunnen in deze gevallen een succesvolle aanpak zijn om het seismische risico te verminderen (zie [hier](#) voor meer informatie). Traditionele stoplichtsystemen zijn gebaseerd op beslissingsvariabelen (bijv. seismische magnitudes) en op drempelwaarden waarbij actie moet worden ondernomen (gebaseerd op expert beoordeling en regelgeving, zie [hier](#) voor meer informatie).

Tot slot heeft geothermische energie hoge aanloopkosten en aanzienlijke operationele kosten. De tabel hieronder toont de wereldwijd gewogen gemiddelde totale geïnstalleerde kosten in USD per kW. Voor geothermische energie zijn deze één van de hoogste; alleen geconcentreerde zonne-energie is hoger. Daar tegenover staat dat geothermische energie de hoogste capaciteitsfactor heeft. Dit is een maatstaf voor de hoeveelheid energie die door een installatie wordt geproduceerd in vergelijking met de maximale output. Dus hoe vaak de centrale op maximaal vermogen draait. De tabel laat ook zien dat geothermische energie een van de hoogste Levelized Cost of Electricity (LCOE) heeft.

---

<sup>5</sup> Andeweg, 2024. *Geothermie*. Deep Geothermal Energy, VU Amsterdam).

<sup>6</sup> Andeweg, 2024. *Geothermie*. Deep Geothermal Energy, VU Amsterdam).

## Wereldwijd gewogen gemiddelde totale geïnstalleerde kosten, capaciteitsfactor en LCOE

	Total installed costs			Capacity factor			Levelised cost of electricity		
	(2023 USD/kW)			(%)			(2023 USD/kWh)		
	2010	2023	Percent change	2010	2023	Percent change	2010	2023	Percent change
<b>Bioenergy</b>	3 010	2 730	-9%	72	72	0%	0.084	0.072	-14%
<b>Geothermal</b>	3 011	4 589	52%	87	82	-6%	0.054	0.071	31%
<b>Hydropower</b>	1 459	2 806	92%	44	53	20%	0.043	0.057	33%
<b>Solar PV</b>	5 310	758	-86%	14	16	14%	0.46	0.044	-90%
<b>CSP</b>	10 453	6 589	-37%	30	55	83%	0.393	0.117	-70%
<b>Onshore wind</b>	2 272	1 160	-49%	27	36	33%	0.111	0.033	-70%
<b>Offshore</b>	5 409	2 800	-48%	38	41	8%	0.203	0.075	-63%

Bron: IRENA (2024), Renewable Power Generation Costs in 2023, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

De LCOE in de bovenstaande tabel wordt gebruikt om de marginale reductiekosten (MACC) in EUR per ton te berekenen voor verschillende geothermische energiesystemen. We berekenen de vermeden emissies in vergelijking met de Nederlandse en Europese energiemix. Zoals hierboven aangegeven heeft geothermie zeer lage levenscyclusmissies (LCE). Hierdoor kunnen veel emissies worden vermeden. De LCA, vermeden emissies en de LCOE vormen de basis voor de berekening van de marginale reductiekosten. Het resultaat in USD wordt omgezet in EUR om het te kunnen vergelijken met de gemiddelde EU ETS-prijs van 2024. Zoals de tabel hieronder laat zien, heeft geothermische energie een veel hogere ETS-prijs nodig om economisch haalbaar te worden. Hierdoor zouden bijvoorbeeld subsidies kunnen helpen om geothermische energie economisch haalbaar te maken.

### Marginale reductiekosten

	LCA	Avoided CO2eq vs NL	Avoided CO2eq vs EU	LCOE (Irena 2023)	MACC NL	MACC EU avg ETS 2024
<b>Dutch energy mix (EMBER 2023)</b>	269					
<b>Europe energy mix (EMBER 2023)</b>	299					
<b>Geothermal electricity</b>	45	224	254	0.071	305	269
<b>ATES heating</b>	37	232	262	0.071	295	261
<b>Deep Geothermal heating</b>	12	257	287	0.071	266	238

Bron: [ember-energy.org](https://ember-energy.org), IRENA (2024), Renewable Power Generation Costs in 2023, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi; Science of the Total Environment Volume 685, 1 oktober 2019 - Life Cycle Assessment of the Carbon Intensity of Deep Geothermal Heat Systems, Geothermal Volume 120, juni 2024 - Life Cycle Assessment of an Aquifer Thermal Energy Storage System.

## Nederlands overheidsbeleid

De Nederlandse overheid neemt verschillende maatregelen om geothermische energie te stimuleren. Het uiteindelijke doel is om in 2030 ongeveer 15 petajoule aan duurzame energie op te wekken uit aardwarmte. Dat is ongeveer het gemiddelde gas- en elektriciteitsverbruik van 2,2 miljoen huishoudens. Met verschillende maatregelen probeert de overheid te bereiken dat er meer aardwarmteprojecten komen. De belangrijkste maatregelen zijn de volgende. Ten eerste ondersteunt de overheid bedrijven die naar geothermische energie boren met de Risicodekkingsregeling Geothermie ([RNES Geothermie](#)). Als een boring mislukt, ontvangt het bedrijf een vergoeding. Ten tweede ondersteunt de overheid met de Stimuleringsregeling Duurzame Energieproductie en Klimaattransitie ([SDE++](#)) de productie van duurzame energie, waaronder aardwarmte. Ten derde onderzoekt het [SCAN-programma](#) waar de ondergrond geschikt is voor aardwarmtewinning. Ten vierde onderzoeken bedrijven en organisaties via [Ultra Diepe Geothermie](#) of het mogelijk is om warmte dieper dan 4.000 meter uit de ondergrond te halen. Deze aardwarmte op ultradiepe diepte is geschikt voor lichte industrie. In Nederland is nog geen ervaring met ultradiepe aardwarmte. In [Kas als Energiebron](#) werken overheid en bedrijfsleven samen om de CO2-uitstoot van de glastuinbouw te verminderen. Onder andere door tuinbouwbedrijven te informeren over het gebruik van aardwarmte.

## Conclusie

In deze analyse hebben we ons gericht op het potentieel van geothermische energie. Geothermische energie kan worden gebruikt voor elektriciteitsopwekking en verwarming en heeft slechts een fractie van de levenscyclusmissies in vergelijking met de verbranding van fossiele brandstoffen. In tegenstelling tot zonne- en windenergie, die te maken hebben met intermittentie, kan geothermische energie 24 uur per dag elektriciteit opwekken, warmte produceren en opslaan. Het is dus een hernieuwbare energiebron zoals geen andere. Nederland heeft vier geschikte formaties die geschikt zijn voor verschillende soorten geothermische energiesystemen. Maar geothermische energie kent ook uitdagingen. Ten eerste is een geothermisch systeem voor 20 of 30 jaar. Ten tweede is er het risico dat geothermie

systemen aardbevingen kunnen veroorzaken. Dit blijkt een laag tot gemiddeld seismisch potentieel voor geothermische systemen in Nederland, maar gevoelde seismiciteit in verband met geothermische activiteiten niet kan worden uitgesloten, zelfs als er mitigerende maatregelen worden geïmplementeerd. Ten derde is geothermische energie als koolstofarme technologie duur in vergelijking met de andere technologieën. Om het economisch haalbaar te maken zijn subsidies, hogere prijzen voor fossiele brandstoffen en/of hogere ETS-prijzen nodig. Geothermische energie heeft dus een groot potentieel in Nederland en de Nederlandse overheid heeft beleid om de kosten van geothermische energie te verlagen, maar er moet rekening worden gehouden met uitdagingen.



## DISCLAIMER

Dit document is opgesteld door ABN AMRO. Het is uitsluitend bedoeld om financiële en algemene informatie over economie te verstrekken. De informatie in dit document is strikt vertrouwelijk en wordt uitsluitend ter informatie verstrekt. Het mag niet (geheel of gedeeltelijk) worden gereproduceerd, gedistribueerd of doorgegeven aan derden of worden gebruikt voor andere doeleinden dan hierboven vermeld. Dit document is informatief van aard en vormt geen aanbod van effecten aan het publiek, noch een uitnodiging tot het doen van een dergelijk aanbod.

Er mag voor geen enkel doel worden vertrouwd op de informatie, meningen, prognoses en aannames in het document of op de volledigheid, nauwkeurigheid of billijkheid ervan. Er wordt door of namens ABN AMRO, haar directeuren, functionarissen, agenten, gelieerde ondernemingen, groepsmaatschappijen of werknemers geen enkele uitdrukkelijke of stilzwijgende verklaring of garantie gegeven met betrekking tot de juistheid of volledigheid van de informatie in dit document en er wordt geen aansprakelijkheid aanvaard voor enig verlies dat direct of indirect voortvloeit uit het gebruik van dergelijke informatie. De opvattingen en meningen in dit document kunnen op enig moment wijzigen en ABN AMRO is niet verplicht om de informatie in dit document na de datum van dit document te actualiseren.

Voordat u in een product van ABN AMRO Bank N.V. belegt, dient u informatie in te winnen over de verschillende financiële en andere risico's en mogelijke beperkingen waarmee u en uw beleggingsactiviteiten te maken kunnen krijgen op grond van toepasselijke wet- en regelgeving. Als u na het lezen van dit document overweegt om in een product te beleggen, wordt u geadviseerd om een dergelijke belegging te bespreken met uw relatiebeheerder of persoonlijke adviseur en na te gaan of het betreffende product - gezien de risico's - past binnen uw beleggingsactiviteiten. De waarde van uw beleggingen kan fluctueren. In het verleden behaalde resultaten bieden geen garantie voor de toekomst. ABN AMRO behoudt zich het recht voor om wijzigingen aan te brengen in dit materiaal.

© Copyright 2025 ABN AMRO Bank N.V. en gelieerde bedrijven ("ABN AMRO")