



Plan-MER Windbeleid en RES provincie Gelderland

Onderzoeksrapport Warmte

Provincie Gelderland

12 april 2024

Project Plan-MER Windbeleid en RES provincie Gelderland
Opdrachtgever Provincie Gelderland

Document Onderzoeksrapport Warmte
Status Definitief 02
Datum 12 april 2024
Referentie 132826/24-005.302

Projectcode 132826
Projectleider T. Reimer MSc
Projectdirecteur Ir. A.H.J. van Kuijk

Auteur(s) A.R. Steenstra MSc, C. van Erp BSc
Gecontroleerd door S.A. de Graaff MSc, ir. A.H.J. van Kuijk
Goedgekeurd door T. Reimer MSc

Paraaf



Adres Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V.
Leeuwenbrug 8
Postbus 233
7400 AE Deventer
+31 (0)570 69 79 11
www.witteveenbos.com
KvK 38020751

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos

Niets uit dit document mag worden veeelvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos geleverde document.

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	4
2	ONDERDELEN VAN WARMTE	5
2.1	Warmtebronnen	6
2.2	Warmteopslag	13
2.3	Warmtedistributie	16
3	ONDERZOEKSAANPAK WARMTE	18
3.1	Warmtebronnen	18
3.1.1	Ingrep-effectrelaties warmtebronnen	19
3.1.2	Aanpak effectanalyse warmtebronnen	21
3.2	Warmteopslag	22
3.2.1	Ingrep-effectrelaties warmteopslag	22
3.2.2	Aanpak effectanalyse warmteopslag	24
3.3	Warmtedistributie	25
3.3.1	Ingrep-effectrelaties warmtedistributie	25
3.3.2	Aanpak effectanalyse warmtedistributie	26
4	BASISBEOORDELING WARMTE	27
4.1	Effectanalyse warmtebronnen	27
4.1.1	Geothermie	27
4.1.2	Aquathermie	36
4.1.3	Groen gas en biomassa	40
4.2	Effectanalyse warmteopslag	43
4.2.1	OBES	44
4.2.2	Ondergrondse warmteopslag	47
4.2.3	Bovengrondse warmteopslag	50
4.3	Effectanalyse warmtedistributie	52
5	CONCLUSIE EFFECTONDERZOEKEN WARMTE	58
	Laatste pagina	58

1

INLEIDING

De provincie Gelderland heeft in het Gelders Klimaatplan 2021-2030 uiteengezet welke maatregelen de provincie gaat treffen om in 2050 klimaatneutraal te zijn. De maatregelen op het gebied van warmte betreffen voornamelijk de gebouwde omgeving en industrie, waar de opwek van warmte verantwoordelijk is voor een groot deel van het fossiele energiegebruik. Prominente warmtemaatregelen zijn het realiseren van 12 aardgasvrije wijken, stimulering van duurzame woningen middels omschakeling naar een duurzame warmtebron en de versnelde uitbouw van warmtenetten met 80.000 aangesloten woningen in 2030. De provincie heeft Witteveen+Bos opdracht gegeven om de duurzame warmtebronnen, die nodig zijn voor de voorziening van duurzame warmte in de provincie, te inventariseren en beoordelen ten behoeve van de afstemming tussen het regionale en het gemeentelijke niveau.

De schakel tussen het regionale niveau, de zes Gelderse RES-regio's, en het gemeentelijke niveau is de Regionale Structuur Warmte (RSW). De RSW heeft een aantal mogelijke warmteclusters aangewezen en gekoppeld aan mogelijke bronnen. De uitwerking van het warmtebeleid vindt plaats op gemeentelijk niveau in de Transitievisies Warmte (TVW). Zo hebben gemeenten in hun TVW's de wijken aangewezen die voor 2030 zullen worden aangepakt.

De analyse voor warmte richt zich op de in de Gelderse RES-regio's aangewezen warmteclusters. Het effectonderzoek warmte betreft een analyse voor warmtebronnen en warmteopslag op hoofdlijnen. Het kijkt daarmee af van het effectonderzoek elektriciteit, omdat met de onderzochte warmte onderdelen een ander detailniveau en dus een ander inzicht in impact van de toepassing wordt gegeven. De onderhavige analyse is niet gekoppeld aan een regionaal bod, zoals dit met elektriciteit wel het geval is.

De locaties van warmtebronnen en warmteopslag (te relateren aan de aangewezen warmteclusters) zijn maatgevend voor de locaties voor warmtedistributie. Infrastructuur voor warmtedistributie is afhankelijk van de locatie van warmtebronnen en -opslag, die nog onbekend zijn, en afnemers van warmte. Om deze reden is warmtedistributie niet maatgevend en beschouwt deze bijlage van het plan-MER de milieueffecten voor warmtedistributie op principeniveau per milieuthema. Bij de beschrijving van milieueffecten en de onderbouwing van warmteclusters wordt zoveel mogelijk gebruik gemaakt van uitgevoerde en beschikbare studies naar warmte in de provincie Gelderland of binnen een van de RES-regio's.

Doel

Het doel van het meenemen van warmte in dit onderzoek is het bieden van bruikbare handvatten voor de RES-regio's en gemeenten voor de verdere ontwikkeling van gemeentelijk warmtebeleid en het vastleggen van locaties voor warmtebronnen die gemeente-overstijgend van aard zijn. Dit rapport brengt hiervoor kansen en risico's in beeld van effecten die bij verschillende warmtetechnieken kunnen optreden.

Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt stilgestaan bij de onderdelen van de behandelde warmtebronnen en warmtenetten. De onderzoeksaanpak staat in hoofdstuk 3, waarna de resultaten volgen in hoofdstuk 4. Het rapport besluit met de conclusies van het onderzoek in hoofdstuk 5.

2

ONDERDELEN VAN WARMTE

Deze paragraaf beschrijft de onderdelen van de te onderzoeken onderdelen van het warmtesysteem (bronnen, opslag en distributie). Hierbij wordt enkel ingegaan op het gebruik van warmte in de gebouwde omgeving. tabel 2.1 geeft een samenvatting van de betreffende onderdelen.

Tabel 2.1 Overzicht onderdelen warmte (bron: gebaseerd op afbeelding van topsectorenergie¹)

Bronnen	Opslag	Distributie	Gebruik
hogetemperatuur warmte			
restwarmte	ondergrondse of bovengrondse bufferopslag	hogetemperatuur warmtenet	direct geschikt voor zowel ruimteverwarming als warm tapwater
diepe geothermie			
middentemperatuur warmte			
restwarmte	ondergrondse of bovengrondse bufferopslag	middentemperatuur warmtenet of individuele oplossing	direct geschikt voor zowel ruimteverwarming als warm tapwater
geothermie			
zonthermie*			
warmtepompen**			
biomassa			
lagetemperatuur warmte			
ondiepe geothermie	ondergrondse of bovengrondse bufferopslag	lagetemperatuur warmtenet of individuele oplossing	direct geschikt voor ruimteverwarming. Voor warm tapwater opwaardering of piekvoorziening nodig.
restwarmte			
aquathermie			
zonthermie			
warmtepompen			
zeer-lagetemperatuur warmte			
thermische energie uit oppervlakte- of grondwater i.c.m. OBES	WKO (open of gesloten)	zeer-lagetemperatuur warmtenet of individuele oplossing	voor ruimteverwarming (mogelijk) en voor warm

¹ Zie: https://www.topsectorenergie.nl/sites/default/files/uploads/Urban%20energy/publicaties/TKI_WarmtenettenOntrafeld.pdf.

Bronnen	Opslag	Distributie	Gebruik
			tapwater opwaardering of piekvoorziening nodig
zonthermie			
warmte uit gas			
groen gas (en waterstof)	gasopslag	gasnetwerk (bestaand of nieuw)	gelijk aan aardgasaansluiting

* De zonnecollectoren voor zonthermie worden niet apart beschouwd omdat de milieueffecten hiervan vergelijkbaar zijn met elektrische zonnepanelen. Zie daarvoor deel B van dit plan-MER.

** Warmtepompen worden niet beschouwd in dit plan-MER, zie Ad. 6 onder 3.1.

2.1 Warmtebronnen

De RES regio's benoemen in de RES'en 1.0 de volgende warmtebronnen:

- restwarmte regionale bronnen;
- geothermie (diep en ondiep);
- aquathermie in combinatie met Warmte- en koudeopslag (WKO's);
- zonthermie;
- warmtepompen, oftewel all-electric toepassingen;
- groen gas;
- biomassa.

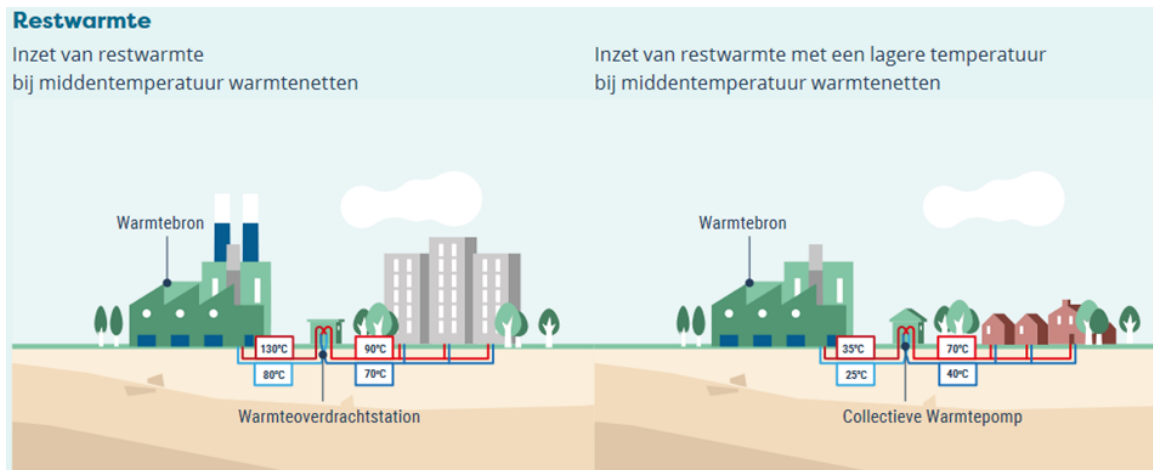
Alle bovenstaande technieken zijn voorsnog in beeld en maken onderdeel uit van dit plan-MER. Onderstaande teksten geven een toelichting op de onderdelen en randvoorwaarden van deze warmtebronnen.

Bestaande gascentrales maken geen onderdeel uit van voorliggende analyse, omdat deze deels al zijn gerealiseerd en niet behoren tot duurzame warmtebronnen.

Restwarmte

Restwarmte is warmte die vrijkomt bij (industriële) processen die niet in hetzelfde proces wordt gebruikt, maar kan worden ingezet om gebouwen en andere voorzieningen te verwarmen. Afbeelding 2.1 laat een indicatieve weergave van de onderdelen en werking van restwarmte zien.

Afbeelding 2.1 Voorbeeldweergave restwarmte (bron: NP RES)



links: restwarmte met hoge- tot middelhoge temperatuur (in combinatie met een warmteoverdrachtstation geschikt voor grote afnemers zoals hoogbouw).

rechts: restwarmte met lagere temperatuur (in combinatie met collectieve warmtepomp geschikt voor woonwijken).

Onderdelen

Voor restwarmte is de bron een externe voorziening: een bestaand industrieel cluster of een separaat bedrijf dat restwarmte produceert. De bron voor restwarmte bestaat dus al in de huidige situatie en leidt niet tot aanvullende milieueffecten ten opzichte van de referentiesituatie. Daarom wordt restwarmte als warmtebron in het plan-MER niet nader beschouwd, maar enkel de effecten in beeld van het warmtenet en de bijbehorende voorzieningen. Voor restwarmte zijn de volgende onderdelen relevant:

- uitkoppeling bij de warmtebron, waar de warmte wordt onttrokken van de warmtebron;
- warmte-overdrachtspunt waar de warmte op de gewenste temperatuur wordt gebracht. Op deze locatie wordt vaak ook de drukhuishouding in het systeem geregeld;
- het warmtenet. Dit is het warmtetransportnetwerk waarin de warmte wordt getransporteerd van en naar de afnemer. Veelal omvat dit een centraal systeem met grote leidingen (bijvoorbeeld een doorsnede van circa 500 mm) en kleinere aftakkingen die aansluiten op de afnemers. Voor restwarmte gaat dit om een hoge-, midden-, of lagetemperatuur warmtenet;
- tussenstation(s), back-up centrale(s) en verdeelstation(s) die de druk en doorstroom van het warmtenet regelen. De hoeveelheid en toepasbaarheid is afhankelijk van de omvang van het warmtenet;
- ondergrondse of bovengrondse opslagvoorzieningen om de warmte tijdelijk op te slaan voordat het verder wordt getransporteerd naar de afnemers;
- een individuele of collectieve warmtepomp om het water op de juiste temperatuur te brengen voor gebruik bij de afnemer.

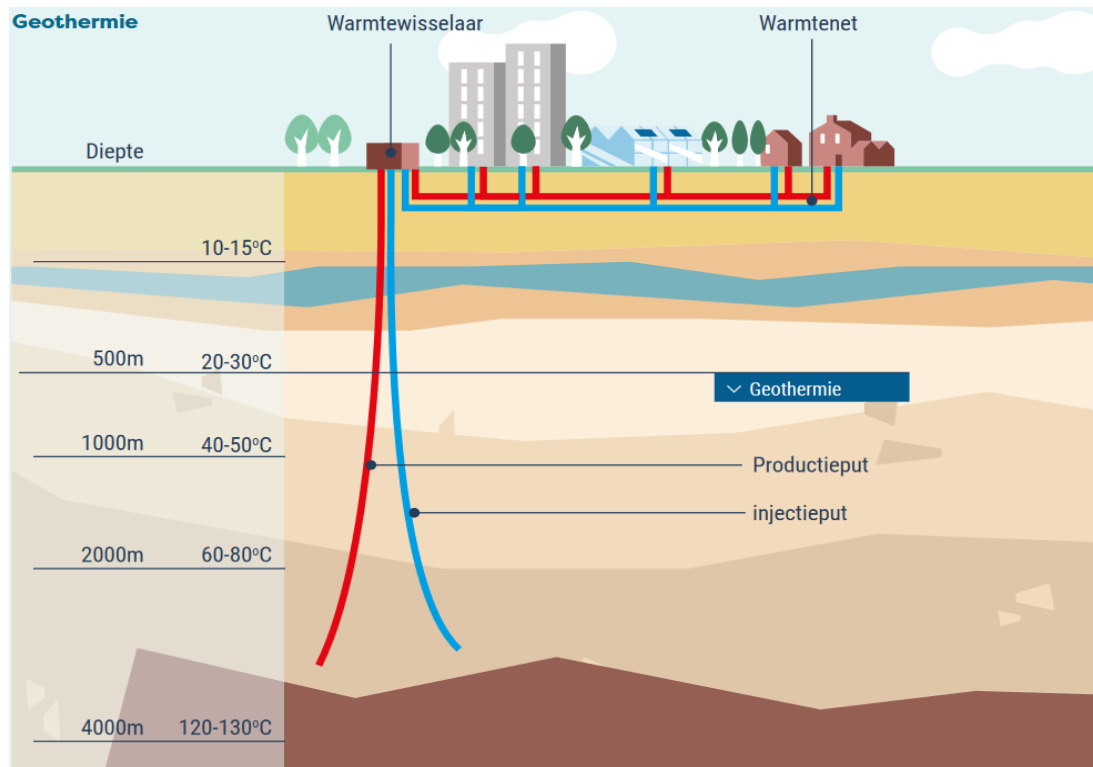
In de provincie Gelderland zijn door de RES-regio's verschillende potentiële bronnen voor restwarmte aangewezen per regio. De regio's voorzien voor deze restwarmtebronnen een belangrijke rol in de toekomstige warmtevoorziening. Potentiële bronnen van restwarmte in de provincie zijn bijvoorbeeld de afvalenergiecentrales van AVR of ARN, industriële processen, rioolwaterzuiveringsinstallaties, papierfabrieken en datacenters.

Geothermie

Geothermie betreft is het benutten van aardwarmte uit de ondergrond op diepten tussen de 500 en 4.000 m¹. De aardwarmte wordt gebruikt voor het verwarmen van industrie, kassen en huizen. Afbeelding 2.2 laat een indicatieve weergave van de onderdelen en werking van geothermie zien. Bij warmtewinning op een diepte tot 500 m wordt gesproken over bodemenergie (bodemwarmte).

¹ Ultradiepe geothermie (gewonnen op meer dan 2.000 m diepte) maakt geen onderdeel uit van de potentiescan naar geothermie in de regio en daarmee ook niet van dit plan-MER.

Afbeelding 2.2 Voorbeeldweergave geothermie (bron: NP RES)



Onderdelen

Voor geothermie zijn de volgende onderdelen relevant:

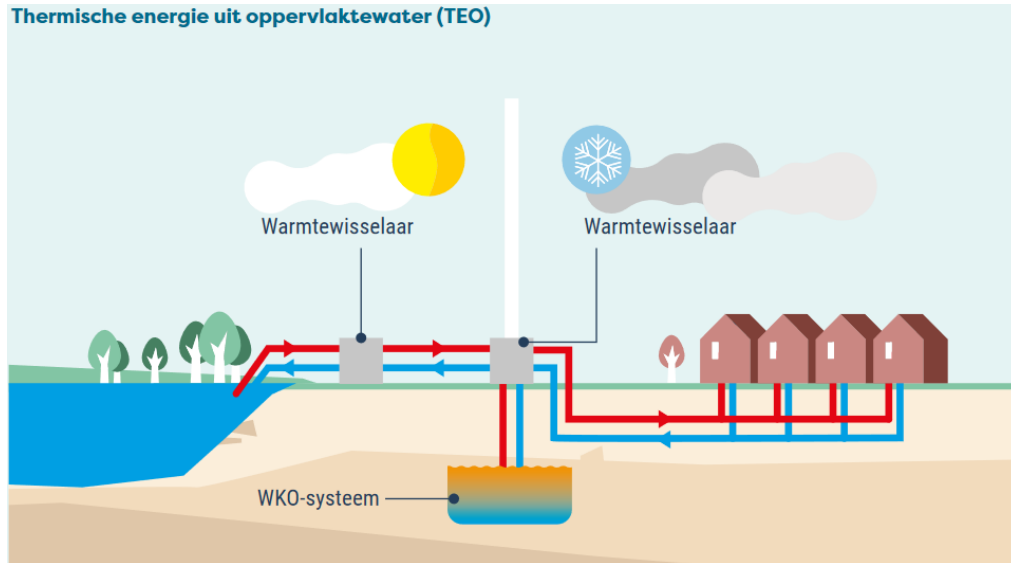
- ondergrondse warmtewinning met een productieput waarin het warme water uit het aangeboorde reservoir¹ naar de oppervlakte wordt gepompt en een injectieput waarin het afgekoelde water in het reservoir wordt teruggepompt. Deze putten vormen samen een gesloten systeem en heten een doublet. De diepte van een doublet varieert tussen de 500 m en enkele kilometers;
- een bovengrondse installatie boven de boorput, met een warmtewisselaar waarmee de energie wordt afgegeven aan het warmtenet of warmteopslag;
- het warmtenet (zie restwarmte). Het warmtenet voor geothermie is beperkt tot een hoge- en middentemperatuur warmtenet;
- een individuele of collectieve warmtepomp om het water op de juiste temperatuur te brengen voor gebruik bij de afnemer.

Aquathermie (in combinatie met WKO)

Aquathermie in combinatie met warmte- en koudeopslag (WKO) maakt gebruik van warmte en koude (thermische energie) uit oppervlaktewater (TEO), afvalwater (TEA) of drinkwater (TED). Zowel de warmte als de koude kan worden gebruikt om gebouwen te verwarmen dan wel te koelen. Een WKO wordt gebruikt om in de zomer gewonnen warmte op te slaan en te gebruiken in de winter (met een warmtewisselaar). In de winter wordt koude opgeslagen om om in de zomer te gebruiken voor koeling. Afbeelding 2.3 geeft dit schematisch weer.

¹ De warmte wordt gewonnen vanuit een ondergronds geothermisch reservoir. Dit betreft veelal een gesteentelaag (zandsteen of kalk) waar het warme water in de poriën van het gesteente wordt vastgehouden.

Afbeelding 2.3 Voorbeeldweergave aquathermie (TEO) met een WKO (bron: NP RES)



Onderdelen

Voor aquathermie in combinatie met WKO zijn de volgende onderdelen relevant:

- een warmtewisselaar om de warmte of koude uit de bron te onttrekken met een maximale omvang vergelijkbaar met een transformatorhuisje in stedelijk gebied;
- een warmtetransportsysteem om de warmte of koude te transporteren van de bron naar de afnemer of naar de WKO;
- een WKO voor opslag van warmte in de zomer en koude in de winter. Een WKO is een ondergronds gesloten of open systeem (zie ook de beschrijving bij ondergrondse warmteopslag);
- een individuele of collectieve warmtepomp om het water op de juiste temperatuur te brengen voor gebruik bij de afnemer.

Zonthermie

Zonthermie is techniek waarbij warmte uit zonlicht wordt opgevangen door zonnecollectoren. De zonnecollectoren bestaan uit buizen met stromend water. Het water in deze buizen wordt opgewarmd als de zon schijnt. Via een warmtewisselaar wordt de opgevangen warmte ingezet voor collectieve of individuele warmtevoorziening.

Onderdelen

Voor zonthermie zijn de volgende onderdelen relevant:

- de zonnecollectoren waarmee het zonlicht wordt opgevangen en waarin het water wordt opgewarmd door de warmte uit het zonlicht. De zonnecollectoren zijn qua omvang gelijk aan elektrische zonnepanelen en kunnen op daken of in veldopstelling worden gerealiseerd;
- een opslagsysteem om de warmte (gewonnen als de zon schijnt, veelal een lagere warmtevraag) op te slaan totdat de warmtevraag hoger is. De vorm en omvang van de warmteopslag voor zonthermie varieert;
- een warmtewisselaar om de warmte uit de zonnecollectoren door te voeren naar de het zonthermiesysteem, zoals de warmteopslag of afnemers. Mogelijk is hierbij een opwaardering nodig om de warmte op geschikte temperatuur te brengen in lijn met de warmtevraag.

Zonthermie wordt -met uitzondering van de warmteopslag- in deze m.e.r. niet nader onderzocht. Dit omdat de milieueffecten van de zonnecollectoren vergelijkbaar zijn met milieueffecten van elektrische zonnepanelen. Voor de milieueffecten van de zonnecollectoren wordt daarom verwezen naar deel B van dit plan-MER. Hierbij geldt dat zonthermie binnen de onderzoeksgebieden voor zonneparken nabij woonkernen kansrijk kan zijn. De warmtewisselaar wordt niet beschouwd omdat dit naar verwachting geen

onderscheidende of van belang zijnde milieueffecten veroorzaakt die bijdragen aan de besluitvorming over locaties of technieken. De effecten hiervan kunnen per project worden onderzocht.

Warmtepompen en all-electric toepassingen

Een elektrische warmtepomp waardeert de warmte van een bron (buitenlucht, bodem, water) op naar een bruikbare temperatuur. Deze warmte wordt gebruikt voor verwarming van gebouwen en warm tapwater. De warmtepomp is een vorm van laagtemperatuur verwarming. Om hiermee een gebouw te kunnen verwarmen, gaat een warmtepomp in de praktijk vaak gepaard met het terugbrengen van de warmtevraag, bijvoorbeeld door isolatiemaatregelen.

Onderdelen

Voor warmtepompen en all-electric toepassingen zijn de volgende onderdelen relevant:

- een collectieve warmtepomp (per buurt of huizenblok) of een individuele warmtepomp (per gebouw). Deze warmtepomp is een fysieke installatie die wordt geplaatst op een dak of nabij een gevel (individuele luchtwarmtepomp) of in een klein (bij)gebouw (individuele of collectieve bodemwarmtepomp);
- overige all-electric toepassingen, zoals zonnepanelen, infraroodpanelen (stralingswarmte) en elektrische aanpassingen in huis zoals een inductieplaat.

All-electric toepassingen en warmtepompen zijn voor dit plan-MER niet nader onderzocht. Deze ontwikkelingen spelen op wijkniveau of op woningniveau en leiden daarmee in vergelijking tot grotere collectieve systemen tot beperkte milieueffecten op het plan-MER schaalniveau (bijv. impact op Natura-2000 gebieden). Deze milieueffecten spelen geen rol in de besluitvorming over technieken en locaties, waaraan dit plan-MER ten grondslag ligt.

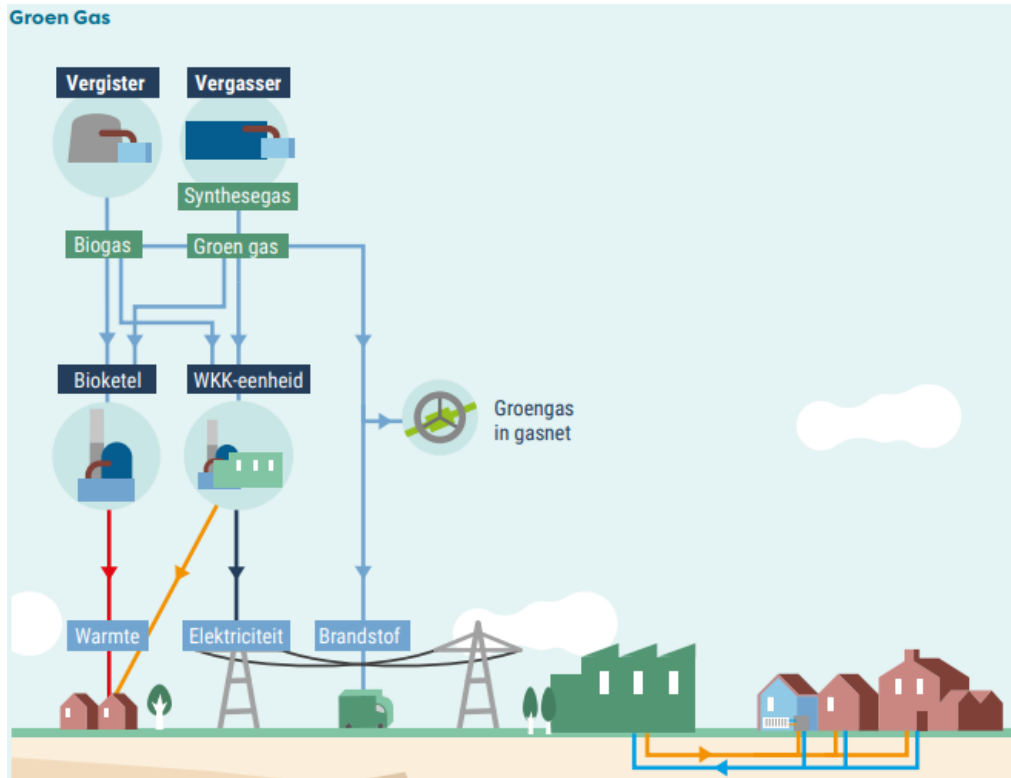
Groen gas en waterstof

Groen gas is gas uit biologische bronnen (zoals mest, gft, agrarische reststromen) dat wordt opgewerkt tot aardgaskwaliteit. De bron voor groen gas is veelal biomassa (zie 'biomassa' in de volgende deelparagraaf). Het groene gas wordt omgezet in warmte, op vergelijkbare wijze als dat momenteel gebeurt met aardgas. Groen gas is daarmee (net als aardgas) geen energiebron, maar een energiedrager. Waterstof kan ook gezien worden als duurzaam gas. Daarom is ook waterstof hieronder toegelicht.

Groen gas

Groen gas maakt gebruik van vergistingsinstallaties in biomassacentrales. Dit zijn installaties bij de bron, waarbij micro-organismen organisch materiaal afbreken en biogas produceren. Biogas wordt eerst (in de centrale) opgewaardeerd tot groen gas, voor het kan worden toegevoegd aan het bestaande aardgasnet. Omdat bij inzet van groen gas gebruik kan worden gemaakt van bestaande infrastructuur (het aardgasnetwerk), wordt geen infrastructuur beschouwd. afbeelding 2.4 illustreert de werking van groen gas als energiedrager.

Afbeelding 2.4 Illustratie toepassing groen gas (bron: NP RES)



links: de mogelijke toepassingen en processen in de centrale.

rechts: de warmte-uitwisseling tussen een de centrale en een woonwijk.

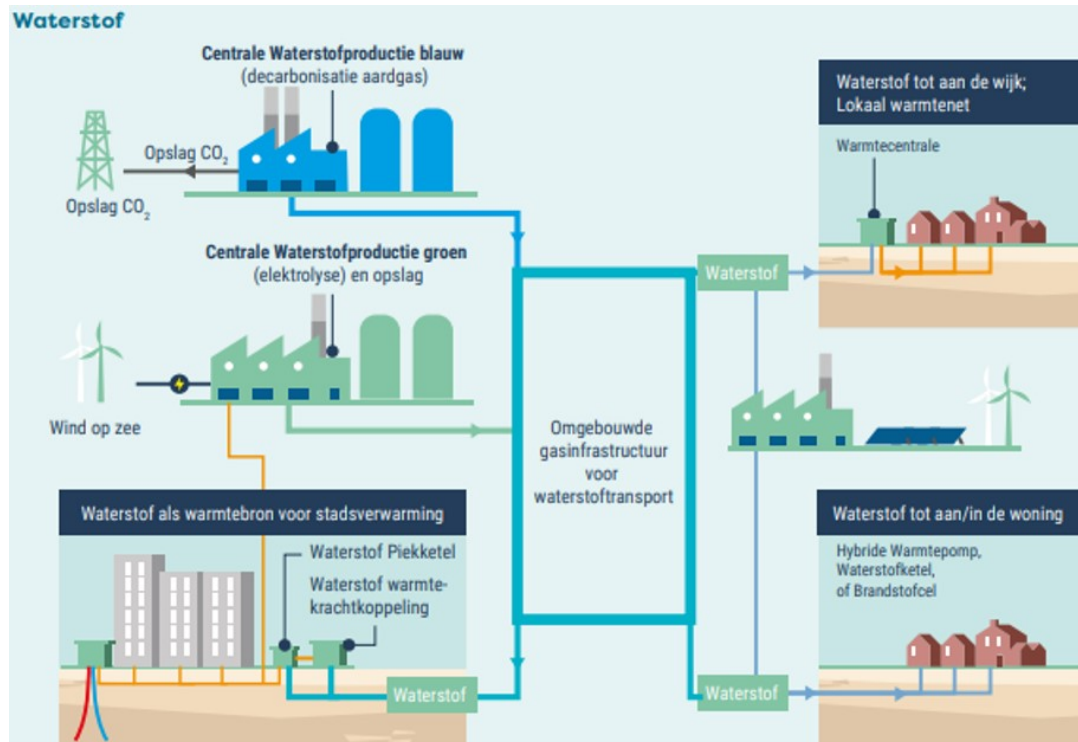
Waterstof

Waterstofgas is een energiedrager die aardgas kan vervangen, zonder grote aanpassingen te doen aan het bestaande aardgasnetwerk. Waterstof kan op drie manieren worden geproduceerd::

- grijze waterstof: productie van waterstof uit aardgas (of andere fossiele brandstoffen). Hierbij komt CO₂ vrij, zelfs meer dan bij directe verbranding van aardgas. Het rendement is echter hoger dan bij directe verbranding van aardgas. Grijze waterstof is momenteel (2023) verreweg de meest toegepaste productiewijze van waterstof;
- blauwe waterstof: productie van waterstof uit aardgas (of andere fossiele brandstoffen), waarbij de vrijkomende CO₂ zoveel mogelijk wordt afgevangen en opgeslagen;
- groene waterstof: productie van waterstof uit water met elektriciteit (elektrolyse). Als deze elektriciteit is opgewekt met hernieuwbare bronnen zoals wind- en zonne-energie, betreft het groene waterstof. Hierbij komt beperkt CO₂ vrij. Bovendien kan groene waterstof voorzien in grootschalige opslag en vervoer van hernieuwbare energie.

Afbeelding 2.5 laat een schematische weergave zien van het productieproces van blauwe en groene waterstof. Grijze waterstof is hierbij niet weergegeven omdat grijze waterstof vanwege de CO₂-uitstoot geen duurzaam alternatief is voor het gebruik van aardgas.

Afbeelding 2.5 Illustratie toepassing waterstof (blauw en groen) (bron: NP RES)



Groene waterstof heeft de voorkeur, omdat hierbij enkel gebruik wordt gemaakt van hernieuwbare bronnen. De productie van groene waterstof vindt pas plaats zodra er voldoende hernieuwbare elektriciteit wordt geproduceerd door, onder andere, windenergie (op land en zee) of zonne-energie.

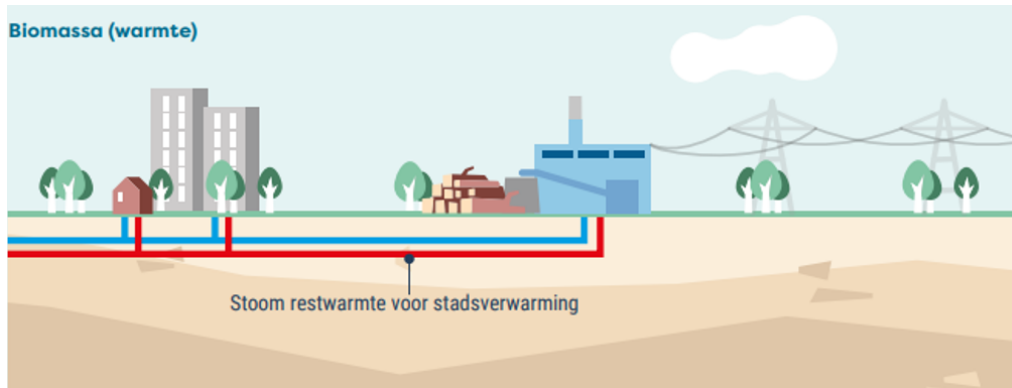
Waterstof wordt in dit plan-MER beschouwt als variant op groen gas, zonder deze nader te onderzoeken, omdat deze bron thans nog geen significante rol in het Nederlandse energiesysteem¹ heeft en het is de verwachting dat dit ook niet zal gebeuren vóór 2030. Het heeft derhalve zeer beperkte invloed op de nu voorliggende besluitvorming over locaties en technieken. Bovendien leidt waterstof naar verwachting niet tot onderscheidende of van belang zijnde milieueffecten die leiden tot onderscheidende informatie voor de besluitvorming. De effecten van waterstof worden in de basisbeoordeling beschouwd onder groen gas, omdat de milieueffecten van de centrales en infrastructuur voor beide technieken op hoofdlijnen vergelijkbaar zijn. De milieueffecten van de elektriciteit benodigd voor groene waterstof wordt beschouwd onder deel B van het plan-MER in de vorm van wind- en zonne-energie.

Biomassa

Biomassa is biologisch materiaal dat wordt verbrand om warmte te winnen voor collectieve verwarming voor invoer op een groot of klein warmtenet. De biomassa kan bestaan uit onder andere houtsnippers, houtpellets, afvalhout of biologische bronnen (mest, gft, agrarische reststromen). Afbeelding 2.6 een illustratieve weergave van de werking van een biomassacentrale zien.

¹ Zie onder andere: <https://energeia.nl/energeia-artikel/40088919/tot-2030-geen-rol-voor-opslag-of-waterstof-in-nederlandse-elektriciteitssysteem>.

Afbeelding 2.6 Illustratieve weergave biomassa (bron: NP RES)



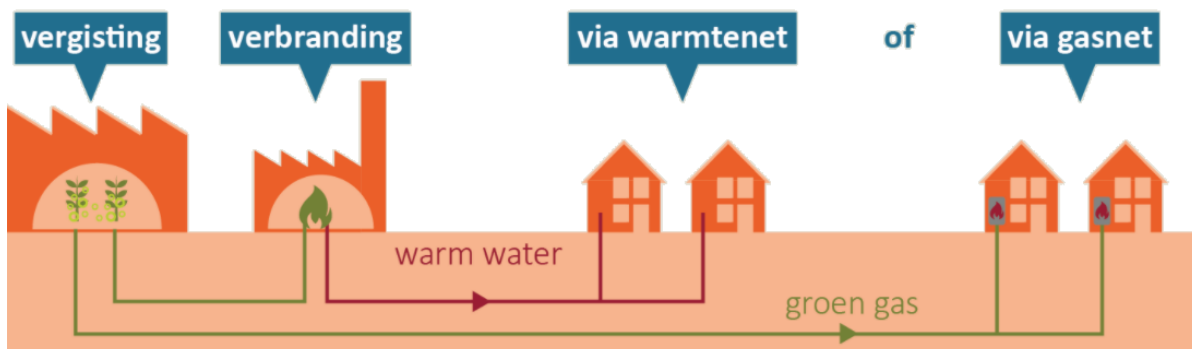
Onderdelen

Voor biomassa zijn de volgende onderdelen relevant:

- een biomassacentrale waar de biomassa wordt verbrand en de warmte in de vorm van stoom wordt gewonnen;
- een warmtenet. Dit is het warmtetransportnetwerk waarin de warmte wordt getransporteerd van- en naar de afnemer.

Het verschil tussen groen gas en biomassa zit in het verwerkingsproces van de biomassa: vergisting (groen gas) of verbranding (biomassa), zoals geïllustreerd in afbeelding 2.7.

Afbeelding 2.7 Illustratie verschil groen gas (vergisting) en biomassa (verbranding)



2.2 Warmteopslag

Warmteopslag is het tijdelijk opslaan van warmte voor gebruik op een later moment op de dag of in het jaar. De warmtebronnen leveren vaak continu warmte terwijl de warmtevraag verschilt per dag, seizoen en jaar. Hierdoor is het warmteaanbod in onbalans met de warmtevraag. Met warmteopslag gaat de gewonnen warmte niet verloren en wordt de warmte ingezet op het moment dat de vraag daar aanleiding toe geeft. Naast deze dag- of seizoensopslag, kan warmteopslag bijdragen aan het optimaliseren van het energiesysteem. Dit kan door de warmteopslag te verwarmen op momenten dat er een overschot is aan hernieuwbare elektriciteit en/of warmte en de warmte te gebruiken als er weinig warmteaanbod is. Warmteopslag kan onder- of bovengronds. In deze subparagraaf worden beide opties toegelicht.

In Nederland zijn verschillende verkenningen¹ uitgevoerd naar de mogelijkheden voor warmteopslag, waaronder een verkenning in de gemeente Arnhem². Hierbij is een aantal (nog in ontwikkeling zijnde) collectieve opslagsystemen beschouwd die hieronder kort zijn toegelicht om een beeld te geven van de omvang van dergelijke systemen. Deze vormen de input voor de basisbeoordeling in het volgende hoofdstuk.

Ondergrondse warmteopslag

Warmte wordt doorgaans ondergronds opgeslagen. Hiervoor worden in de praktijk diverse vormen toegepast, waaronder een WKO (open of gesloten) en buffervaten. Een WKO-systeem biedt uitkomst bij warmteopslag op (zeer) laagtemperatuur op wijk- of woningniveau. Op wijkniveau wordt een open bodemenergiesysteem (OBES) toegepast en op woningniveau een gesloten bodemenergiesysteem (GBES) in de vorm van een bodemlus (in deze analyse beschouwd op bronniveau omdat dat aansluit bij de scope van het plan-MER). Voor warmteopslag voor hogere temperaturen wordt gebruik gemaakt van een buffervat. De omvang van een dergelijk buffervat varieert met de benodigde opslagcapaciteit, wat samenhangt met de aangesloten warmtebronnen, de temperatuur en de warmteafnemers.

Een **OBES** is een bodemenergiesysteem dat gebruik maakt van de warmte of koude die aanwezig is in de bodem en in het grondwater. In een OBES wordt het grondwater uit de bron gepompt en na gebruik (verwarming of verkoeling) weer terug in de bron gepompt. Het grondwater wordt bij een OBES verplaatst, terwijl bij een **gesloten systeem** het grondwater enkel wordt gebruikt om ingebrachte vloeistof in een buisleiding (een bodemlus) te verwarmen³.

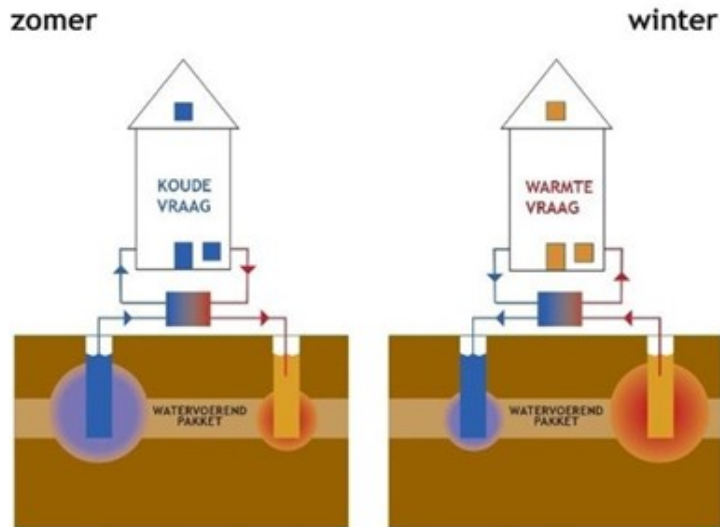
Er zijn verschillende bodemenergiesystemen, voor collectieve warmteopslag wordt gebruik gemaakt van een doubletsysteem. Een doubletsysteem omvat een warmte- en een koudebron, waarbij in beide bronnen een leiding is aangebracht (een doublet). De onttrekkingsleiding en de infiltratieleiding liggen dus in twee aparte bronnen die op afstand van elkaar gescheiden zijn. De winterkoude wordt hierbij apart opgeslagen voor verkoeling in de zomer en zomerwarmte apart voor verwarming in de winter. Afbeelding 2.8 laat een illustratie zien van de werking van een OBES zien. Naast het bodemenergiesysteem bestaat een OBES uit een warmtetransportsysteem om de warmte of koude te transporteren van de bron naar de afnemer. Dit kan een collectief warmtenet zijn of een systeem voor meer individueel gebruik.

¹ Zie: CE Delft (2020), via: <https://www.invest-nl.nl/media/attachment/id/941>.

² Zie: https://www.bodemplus.nl/publish/pages/92429/bodemenergie_in_de_gemeente_arnhem_20120214.pdf.

³ Een gesloten systeem wordt niet als warmtebron beschouwd in dit plan-MER, omdat dit voornamelijk kansen biedt voor warmte- en koude-uitwisseling op gebouw en wijkniveau. Daarom wordt dit in de Concept-RES als individuele warmtetechniek beschouwd. Dit betekent dat dit plan-MER niet ten grondslag ligt aan de besluitvorming over bodemwarmtewisselaars. De milieueffecten van bodemwisselaars zijn op hoofdlijnen vergelijkbaar met de effecten van open WKO's, met uitzondering van de effecten door verplaatsing van grondwater. De effecten zijn daarnaast naar verwachting niet significant.

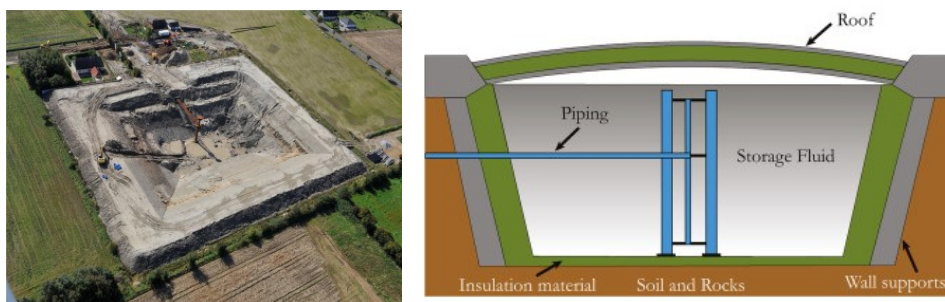
Afbeelding 2.8 Illustratieve weergave OBES (bron: Expertise Centrum Warmte)



Bij **hogetemperatuur opslag** (HTO) wordt warmte opgeslagen in de ondiepe ondergrond (een aquifer) tot een diepte van ongeveer 500 m. De techniek bij HTO lijkt op de techniek van WKO-systemen: via boorgaten wordt opgewarmd water in de watervoerende laag geïnjecteerd en opgeslagen. Zodra de warmte nodig is, wordt deze uit ditzelfde watervoerend pakket gepompt (zie afbeelding 2.8). Het verschil tussen HTO en WKO is de temperatuur van de opgeslagen warmte: hogetemperatuur opslag bij deze techniek versus laagtemperatuur opslag bij een WKO. HTO is geschikt voor grootschalige en langdurige warmteopslag, maar is gebonden aan strenge voorwaarden. Zo is open bodemopslag boven de grens van 25 °C (Algemene Maatregel van Bestuur Bodemenergie) niet toegestaan en mag een HTO geen warmteoverschot in de ondergrond veroorzaken. Dit vraagt om uitgebreid milieuonderzoek per project.

Een **thermische put** is een groot gegraven gat (< 50 m diepte) dat warm water opslaat. In deze (overdekte) putten kunnen grote hoeveelheden water worden opgeslagen. De constructiekosten zijn beperkt, maar het ruimtebeslag is groot. In sommige gevallen kunnen zonnecollectoren op de overkapping worden geplaatst, waarmee ter plaatse warmte kan worden gewonnen. afbeelding 2.9 geeft een voorbeeld en een schematische weergave van een thermische put .

Afbeelding 2.9 Weergave thermisch putten (bron: Sadegi, 2023)



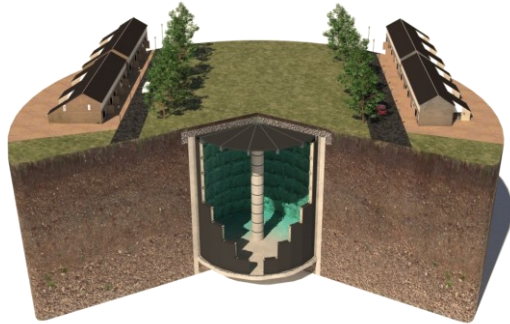
links: thermisch put in Marstal, Denemarken (75.000 m³).

rechts: Schematische weergave van een thermische put.

Een **ondergrondse tankopslag** is een grote ondergrondse tank waar over lange termijn warm water wordt opgeslagen, zoals een Ecovat (zie afbeelding 2.10). Hierbij wordt gebruik gemaakt van een ondergronds vat

met een doorsnede van 30 m en een diepte van 30 m. Deze vorm van warmteopslag wordt in dit Plan-MER niet nader beschouwd, omdat de businesscase nog onvoldoende bewezen is.

Afbeelding 2.10 Illustratieve weergave van een Ecovat



Bovengrondse warmteopslag

Warmteopslag kan ook in een bovengrondse tankopslag plaatsvinden. In deze tank kan grootschalig en kort- of langdurig warmte worden opgeslagen. Momenteel wordt deze opslagtechniek voornamelijk gebruikt als tijdelijke (dag- of week) opslag bij elektriciteitscentrales of glastuinbouw. Afbeelding 2.11 laat een voorbeeld zien van een bovengrondse warmteopslagtank.

Afbeelding 2.11 Bovengrondse warmteopslagtank onder constructie bij Reuter West te Berlijn (bron: Vattenfall, 2022)



2.3 Warmtedistributie

Na winning bij de bron moet de warmte worden gedistribueerd naar de afnemers. Dit gebeurt met een warmtenet. Dit bestaat veelal uit twee onderdelen:

- **warmtetransportnet**: Een warmtetransportnet wordt gebruikt om warmte van een grootschalige bron (bijvoorbeeld restwarmte) te transporteren (buisdiameters van 250-400 mm) naar de afnemers en/of lokale distributienetten. Hierbij wordt het verwarmde water op meerdere locaties ingezet voor verwarming;
- **lokaal distributienet**: Een lokaal distributienet is een warmtenet op buurtniveau. De warmte in deze netten (buisdiameters van <250 mm) wordt gevoed door lokale bronnen of een warmtetransportnet en kan gebruikt worden door individuele afnemers die aangesloten zijn.

Dit plan-MER richt zich met name op het warmtetransportnet. Het lokale distributienet wordt niet nader onderzocht, omdat de bijdrage aan de warmtedoelstelling beperkt is. Bovendien treden de milieueffecten alleen op lokaal niveau op, waardoor deze niet aansluiten bij het detailniveau van dit plan-MER. De milieueffecten van een lokaal distributienet zijn op hoofdlijnen vergelijkbaar met de milieueffecten van een

warmtetransportnet, maar de effecten treden vooral lokaal op en zijn minder sterk. De haalbaarheid van lokale distributienet wordt in het kader van de RES1.0 nader onderzocht door de regio's.

Bovengrondse installaties

Een warmtenet gaat -naast het ondergrondse distributienetwerk- gepaard met een of meerdere bovengrondse installaties. Deze installaties zorgen ervoor dat de warmte of koude door de buisleidingen gepompt, op temperatuur gebracht of opgeslagen kan worden. Dit omvat in algemene zin de volgende onderdelen:

- het bovengrondse pompstation bij de warmtebron. Dit is het uitkoppelpunt. Hier wordt de warmte gewonnen en op het warmtenet gebracht. De grootte van deze stations varieert met de omvang van de warmtebron en het warmtenet;
- warmte-overdrachtspunt waar de warmte op de gewenste temperatuur wordt gebracht. Op deze locatie wordt vaak ook de drukhuishouding in het systeem geregeld;
- een piek- en back-upvoorziening die voorziet in extra energie (warmte of koude) als de warmtebron niet toereikend is. De piekvoorziening kan dezelfde zijn als de back-up voorziening. De piek- en back-upvoorziening is veelal een aangekoppelde extra warmtebron;
- een verdeelstation waar de warmte wordt gecascadeerd of wordt verdeeld over meerdere (kleinere) lokale distributienetten.

Deze bovengrondse installaties worden in dit plan-MER niet nader onderzocht, omdat deze installaties geen onderscheidende of van belang zijnde milieueffecten veroorzaken die bijdragen aan de nu voorliggende besluitvorming over locaties en technieken. De milieueffecten van deze installaties kunnen later per project worden onderzocht.

3

ONDERZOEKSAANPAK WARMTE

In dit hoofdstuk wordt de onderzoeks aanpak voor warmte beschreven, waarbij wordt ingegaan op de ingreep-effectrelaties en onderzoeks aanpak voor warmtebronnen, warmteopslag en warmtedistributie.

Voor warmtetechnieken bestaan nog veel leemten in kennis. Ook wetgeving en beleid omtrent warmte zijn minder duidelijk dan de regels voor andere energietechnieken, zoals wind- en zonne-energie. Bovendien variëren warmtetechnieken sterk in omvang en toepassing, waarmee niet op voorhand een algemene belemmeringenkaart voor locaties is te maken. Hierdoor is de effectanalyse voor warmte op een meer generiek niveau uitgevoerd dan de analyses voor de energietechnieken in het hoofdrapport.

3.1 Warmtebronnen

In deze paragraaf worden de ingreep-effectrelaties en onderzoeks aanpak voor de effectanalyse op hoofdlijnen weergegeven voor de volgende warmtebronnen:

- 1 restwarmte;
- 2 geothermie;
- 3 aquathermie met WKO;
- 4 zonthermie;
- 5 warmtepompen, oftewel all-electric toepassingen;
- 6 groen gas;
- 7 biomassa.

Ad 1. Restwarmte

De effecten van restwarmte worden beschouwd onder warmtedistributie. Dit omdat voor restwarmte als bron, buiten de uitkoppeling en transport, binnen de regio geen ingrepen nodig zijn die milieueffecten veroorzaken die passen bij het detailniveau van dit plan-MER. Het is dus niet nodig om een nieuwe warmtebron te realiseren. Daarmee veroorzaakt de warmtebron geen nieuwe milieueffecten ten opzichte van de referentiesituatie. Het warmtenet wordt als warmtedistributienetwerk beschouwd in paragraaf 3.3.

Ad 4. Zonthermie

Zonthermie wordt -met uitzondering van de warmteopslag- in deze plan-MER. niet nader onderzocht. Dit omdat de milieueffecten van de zonnecollectoren overeenkomen met de milieueffecten van elektrische zonnepanelen. Voor de milieueffecten van de zonnecollectoren wordt daarom verwezen naar deel B van dit plan-MER. Voor zonthermie wordt daarom alleen de warmteopslag beschouwd in paragraaf 3.2.

Ad 5. Lucht-water warmtepompen en all-electric toepassingen

Lucht-water warmtepompen en all-electric toepassingen worden in dit plan-MER buiten beschouwing gelaten omdat deze installaties op huis- of buurtniveau worden gerealiseerd. De effecten (zoals geluidemissie) zijn op dusdanig kleine schaal, dat deze niet passen bij het detailniveau van dit plan-MER. Deze effecten leiden niet tot informatie die onderscheidend of van belang is voor de keuzes voor locaties en technieken die in deze fase voorliggen. De effecten van de lucht-water warmtepompen kunnen later per project in beeld worden gebracht.

3.1.1 Ingrep-effectrelaties warmtebronnen

Ingrep-effectrelaties geothermie

Tabel 3.1 laat de ingrep-effectrelaties zien voor geothermie.

Tabel 3.1 Ingrep-effectrelaties geothermie

Ingrep	Effect	Criterium
uitvoeren boring geothermieputten (> 500 m diepte) (aanlegfase)	aantasting opbouw en stabiliteit ondergrond	risico op (acute) diepe bodemdaling en ondiepe zettingen
	aantasting of verspreiding bodemverontreinigingen	invloed op bodemkwaliteit
	veranderingen in de samenstelling van het grondwater	invloed op waterwingebieden en grondwaterbeschermingszones
		invloed op de grondwaterkwaliteit
	tijdelijk ruimtebeslag op natuur	effecten op Natura 2000- en GNN-gebieden effecten op overige beschermde natuurgebieden
	verstoring beschermde soorten	effecten op beschermde soorten effecten op Natura 2000- en GNN-gebieden effecten op overige beschermde natuurgebieden
	aantasting of vernietiging archeologische waarden	effecten op archeologische waarden
	aantasting of vernietiging cultuurhistorische waarden	effecten op cultuurhistorische waarden
	veiligheidsrisico's met gevolgen op mensen	invloed op externe veiligheid
geluidemissie tijdens aanleg- en gebruiksfase	overschrijding geluidsnorm op geluidsgevoelige objecten	
gebruiksfase geothermie-installatie	ruimtebeslag in Natura 2000- en GNN-gebieden	effecten op Natura 2000- en GNN-gebieden
	ruimtebeslag in overige beschermde natuurgebieden	effecten op overige beschermde natuurgebieden
	aantasting ruimtelijk-visuele kenmerken	effecten op ruimtelijk-visuele kenmerken
	aantasting of verspreiding bodemverontreinigingen	invloed op bodemkwaliteit
	thermische uitstraling warmte	invloed op bodemkwaliteit
		invloed op waterwingebieden en grondwaterbeschermingszones invloed op de grondwaterkwaliteit

De effecten van geothermie zijn afhankelijk van de locatie waar het wordt gewonnen. De locatie waar geothermie wordt ontwikkeld is afhankelijk van de bodemsamenstelling en de lokale vraag naar warmte. Doorgaans wordt op plekken waar geen vraag naar warmte is ook geen duurzame warmte gewonnen. Daarom is de verwachting dat in de realiteit effecten in dunbevolkte gebieden, zoals natuurbeschermingsgebieden, beperkt zullen zijn.

Ingreep-effectrelaties aquathermie

Dit plan-MER beschouwt alleen de effecten van TEO (thermische energie uit oppervlaktewater) in combinatie met een WKO-systeem op hoofdlijnen. Thermische energie uit afvalwater en drinkwater (TEA en TED) wordt veelal gecombineerd met een WKO-systeem. De ingrepen en daaruit volgende milieueffecten, specifiek aan TEA en TED zijn beperkt tot een klein schaalniveau dat niet past bij het detailniveau van dit plan-MER en worden daarom niet nader beschouwd. TEO is ook mogelijk zonder WKO-systeem, maar dit is enkel relevant bij kleinschalige toepassing. Deze kleinschalige toepassingen passen niet bij het detailniveau van dit plan-MER. Daarom dient voor TEO zonder WKO-systeem per project onderzoek plaats te vinden en beschouwt dit plan-MER enkel TEO in combinatie met een WKO-systeem.

Tabel 3.2 laat de ingreep-effectrelatie van TEO in combinatie met een WKO zien die in dit plan-MER wordt beschouwd.

Tabel 3.2 Ingreep-effectrelaties aquathermie (TEO+WKO)

Ingreep	Effect	Criterium
warm- en koudwaterlozing na winning van koude en warmte uit oppervlaktewater	verandering samenstelling, temperatuur en stroming oppervlaktewater	effect op de oppervlaktewaterkwaliteit

Voor de ingreep-effectrelaties die volgen uit toepassing van een OBES wordt verwezen naar de 'ingreep-effectrelaties OBES's'. Voor de ingreep-effectrelaties met betrekking tot ruimtebeslag in natuurgebieden (Natura 2000, GNN en overige gebieden) en aantasting van cultuurhistorische en archeologische waarden wordt verwezen naar de ingreep-effectrelaties van geothermie (zie tabel 3.1). De benodigde installatie voor TEO van dusdanig kleine omvang - vergelijkbaar met een transformatorhuisje in stedelijk gebied¹ - dat de verwachte effecten beperkter zijn dan bij geothermie.

Ingreep-effectrelaties groen gas en biomassa

Tabel 3.3 laat de ingreep-effectrelaties voor groen gas en biomassa zien. De uitstoot van CO₂ wordt hierbij buiten beschouwing gelaten, omdat dit niet aansluit bij het detailniveau van dit plan-MER².

Tabel 3.3 Ingreep-effectrelaties groen gas en biomassa

Ingreep	Effect	Criterium
- verbranding, vergisting en vergassing biomassa om biogas te produceren. Dit wordt opgewaardeerd tot groen gas	stikstofemissie	stikstofdepositie op beschermde natuurgebieden
- verbranding biomassa om water te verwarmen	emissie van geur, geluid en stof	invloed op geurhinder, geluidhinder en luchtverontreiniging (stof)
	veiligheidsrisico's met gevolgen op mensen	invloed op externe veiligheid

¹ Met een omvang van circa 3-4 m (l) bij 2 m (b) bij 2,5 m (h).

² Over de uitstoot van CO₂ door verbranding van biomassa is landelijk veel discussie. De EU heeft het verbranden van biomassa als CO₂-neutraal bestempeld. Dit omdat de vrijgekomen CO₂-uit de lucht is gehaald door planten. Daardoor treedt een kortcyclisch proces op.

Voor de ingreep-effectrelaties met betrekking tot ruimtebeslag in natuurgebieden (Natura 2000, GNN en overige gebieden) en aantasting van cultuurhistorische en archeologische waarden wordt verwezen naar de ingreep-effectrelaties van geothermie (zie tabel 3.1).

3.1.2 Aanpak effectanalyse warmtebronnen

Effectbeoordeling warmtebronnen

De effectanalyse voor warmtebronnen omvat een analyse op hoofdlijnen. Dit maakt dat de effecten niet worden beoordeeld zoals de effecten voor wind en zon in het hoofdrapport van het plan-MER zijn beoordeeld. Zo is niet per thema een aparte maatlat opgenomen, maar wordt verwezen naar een algemene beoordelingsmaatlat voor de gehele effectanalyse.

Interpretatie effectbeoordelingen warmte

De effectbeoordelingen voor warmte in dit plan-MER dienen anders geïnterpreteerd te worden dan in deel B (elektriciteit) van dit plan-MER. Waar in deel B de effectbeoordelingen zijn toegekend op basis van gegronde onderzoeken naar bekende milieueffecten van windturbines en zonneparken, zijn de milieueffecten van warmtetechnieken beperkt onderzocht. De effectbeoordelingen voor warmtetechnieken betreffen daarom een eerste inschatting van de aard van de milieueffecten. Een sterk negatieve beoordeling (--) betekent voor warmte dat op basis van de kenmerken van het gebied mogelijk is sprake van grote effecten die een risico vormen voor de uitvoerbaarheid van de onderzochte warmtetechnieken.

Per per warmtebron is weergegeven welke gebieden vanuit milieuperspectief bij voorkeur vermeden worden (geel) en op welke locaties de milieueffecten een risico voor de uitvoerbaarheid kunnen vormen (oranje). Onderstaande tabel laat de toelichting voor deze beoordelingen zien. De effecten die niet onder een van deze beoordelingen vallen, zijn samengevat in een tabel met aandachtspunten voor de vervolgfases.

Tabel 3.4 Algemene maatlat beoordeling warmtebronnen

	Beoordeling	Toelichting algemeen
-	negatief	effecten zijn vanwege de aard en omvang, of vanwege strijdigheid met vigerend beleid beperkt acceptabel. In deze gebieden gelden aandachtspunten vanuit milieuperspectief
--	sterk negatief	effecten leiden tot een verslechtering van milieukwaliteiten ten opzichte van de referentiesituatie en/of zijn strijdig met milieu- en/of veiligheidswetgeving. Daarbij zijn de mogelijkheden om effecten te mitigeren naar verwachting beperkt. In deze gebieden geldt een risico voor de haalbaarheid vanuit milieuperspectief

Onderzoeksaanpak geothermie

De effectanalyse voor geothermie is uitgebreider dan de effectanalyse voor de overige bronnen. Dit omdat voor geothermie meerdere onderzoeken en potentiescans voor de provincie Gelderland zijn uitgevoerd. Hierdoor is relatief veel informatie beschikbaar over de potentie en de regionale kenmerken met betrekking tot geothermie. Daarnaast is relatief veel onderzoek uitgevoerd naar de kansen voor geothermie in Nederland en de milieueffecten van geothermie. Hierdoor is voldoende relevante en regio-specifieke informatie beschikbaar over geothermie in algemene zin, de milieueffecten van geothermie en de mogelijkheden voor geothermie in de provincie Gelderland.

De effecten die volgen uit de ingreep-effectrelaties zijn op hoofdlijnen beschreven. Hierbij is ter onderbouwing gebruik gemaakt van bronmateriaal. Voor de milieuthema's laat de effectanalyse een beknopte uiteenzetting zien van de mogelijke verbodsbepalingen vanuit wetgeving, de te verwachte effecten en de aan te raden vervolgstappen. Tot slot zijn de effecten beoordeeld conform de beoordelingsmethodiek uit tabel 3.4 en zijn de aandachtspunten voor vervolgfases uiteengezet.

Voor de provincie Gelderland is reeds een potentiescan voor geothermie uitgevoerd¹. Hierbij zijn voorkeurslocaties bepaald op basis van de bodempotentie en overige ondergrondse factoren. Dit plan-MER maakt een eerste schifting in voorkeurslocaties uit de potentiescan door de milieuaspecten uit dit plan-MER te projecteren op deze voorkeurslocatie. Hiermee is de ondergrondse potentie voor geothermie afgezet tegen de effectbeoordeling van milieueffecten.

Onderzoeksaanpak aquathermie in combinatie met WKO

Voor aquathermie in combinatie met WKO's zijn de effecten beschouwd die op basis van de ingreep-effectrelaties de grootste milieueffecten lijken te veroorzaken. De effecten van OBES komen op veel vlakken overeen met de milieueffecten van geothermie. Voor de vergelijkbare effecten wordt daarom verwezen naar geothermie. De overige milieueffecten voor aquathermie en OBES zijn beschouwd aan de hand van bronmateriaal en vigerende wettelijke- en beleidskaders. Voor beide bronnen bestaat de effectanalyse uit een beknopte beschrijving van deze effecten, gevolgd door een conclusie en effectbeoordeling en uiteenzetting van aandachtspunten voor de vervolfase.

Onderzoeksaanpak groen gas en biomassa

De warmtebronnen groen gas en biomassa hebben beide betrekking op het verbranden of vergisten van biomassa. Hiervoor is een centrale benodigd waar biomassa zoals mest, slib, GFT, reststromen of overige biomassa wordt verbrand of vergist. Voor dergelijke centrales zijn richtafstanden bepaald om hinder op woningen te beperken. Deze richtafstanden zijn middels zoneringen vastgelegd in de Handreiking bedrijven van milieuzonering van de Vereniging Nederlandse Gemeenten (VNG). Deze handreiking bevat een lijst met een integrale benadering op aan te houden afstanden tussen het bedrijf en woningen voor de aspecten geluid, geur, stof en externe veiligheid. Deze richtafstanden vormen de basis voor de effectanalyse voor groen gas en biomassa. Omdat deze richtafstanden op beide bronnen van toepassing zijn, zijn de effecten van groen gas en biomassa gezamenlijk beschouwd. Tot slot bevat de effectanalyse een effectbeoordeling en aandachtspunten voor vervolfasen.

3.2 Warmteopslag

Warmteopslag kan ondergronds (middels hoge temperatuuropslag (HTO), een OBES of thermische put) en bovengronds (bovengrondse tankopslag). De milieueffecten van ondergrondse warmteopslag verschillen van bovengrondse warmteopslag. Daarom zijn zowel de ingreep-effectrelaties als de effectanalyse opgesplitst in een deel voor ondergrondse warmteopslag en een deel voor bovengrondse warmteopslag.

Collectieve ondergrondse warmteopslag is nog niet breed toegepast in Nederland en de rest van de wereld. Bovendien vormen juridische-, financiële en milieutechnische belemmeringen van HTO en thermische putten een risico voor de haalbaarheid van dergelijke projecten². Omdat weinig referentieprojecten voorhanden zijn, beperkt de effectanalyse voor warmteopslag zich tot een analyse op hoofdlijnen.

3.2.1 Ingreep-effectrelaties warmteopslag

Ingreep-effectrelaties ondergrondse warmteopslag

Tabel 3.5 geeft de ingreep-effectrelaties voor ondiepe (< 50 m) ondergrondse warmteopslag weer. Deze ingreep-effectrelaties hebben betrekking op de thermische putten zoals beschreven in paragraaf 2.2.2. De ingreep-effectrelaties voor diepe ondergrondse opslag (> 50 m) zijn op hoofdlijnen vergelijkbaar met de ingreep-effectrelaties van geothermie. HTO vindt plaats op dieptes die vergelijkbaar zijn aan- of minder diep zijn dan geothermieprojecten en dieper dan OBES-projecten (maximaal 500 m diep). Daarom wordt voor de ingreep-effectrelaties van HTO verwezen naar tabel 3.1.

¹ <https://www.witteveenbos.com/nl/nieuws/potentieonderzoek-geothermie-gelderland/>.

² <https://www.witteveenbos.com/nl/nieuws/potentieonderzoek-geothermie-gelderland/>.

De diepte van de thermische put hangt af van de benodigde omvang en het oppervlakte. Hoe groter het oppervlakte, hoe minder diep de put hoeft te zijn. Beide variabelen hebben eigen voor- en nadelen, zoals ruimtebeslag, effecten op de bodem en effecten op grondwater.

Tabel 3.5 Ingrep-effectrelaties ondiepe ondergrondse warmteopslag (thermische putten)

Ingrep	Effect	Criterium
graafwerkzaamheden voor aanleg van de thermische put	aantasting opbouw en stabiliteit ondiepe ondergrond	risico op zettingen
	aantasting of verspreiding bodemverontreinigingen	invloed op bodemkwaliteit
	tijdelijk ruimtebeslag in Natura 2000- en GNN-gebieden	effecten op Natura 2000- en GNN-gebieden
	tijdelijk ruimtebeslag in overige beschermde natuurgebieden	effecten op overige beschermde natuurgebieden
	verstoring beschermde soorten	effecten op beschermde soorten
	aantasting of vernietiging archeologische waarden	effecten op archeologische waarden
	aantasting of vernietiging cultuurhistorische waarden	effecten op cultuurhistorische waarden
	geluidemissie tijdens aanleg- en gebruiksfase	overschrijding geluidsnorm op geluidsgevoelige objecten
bemaalingswerkzaamheden voor aanleg van de thermische put	veranderingen in de samenstelling van het grondwater	invloed op waterwingebieden en grondwaterbeschermingszones
		invloed op de grondwaterkwaliteit
gebruiksfase van de thermische put	ruimtebeslag in Natura 2000- en GNN-gebieden	effecten op Natura 2000- en GNN-gebieden
	ruimtebeslag in overige beschermde natuurgebieden	effecten op overige beschermde natuurgebieden
	aantasting ruimtelijk-visuele kenmerken	effecten op ruimtelijk-visuele kenmerken
	veranderingen in de samenstelling van het grondwater	invloed op waterwingebieden en grondwaterbeschermingszones
invloed op de grondwaterkwaliteit		

Ingrep-effectrelaties OBES

De ingrep-effectrelaties van OBES's komen op hoofdlijnen overeen met de ingrep-effectrelaties van geothermie en HTO (zie tabel 3.1). De ingrep verschilt in de diepte van de boring: de boring voor OBES's vindt plaats op een diepte minder dan 500 m. Daarnaast is de benodigde (bovengrondse) installatie voor een OBES van dusdanig kleine omvang, dat de ingrep-effectrelaties gerelateerd aan ruimtebeslag en aantasting van belevingswaarden in beduidend mindere mate optreden dan bij geothermie. Bij OBES is sprake van onttrekking en lozing van grondwater. Deze ingrep-effectrelatie is uitgelicht in tabel 3.6.

Tabel 3.6 Ingreep-effectrelaties open WKO

Ingreep	Effect	Criterium
aanleg en gebruik (onderhoud) van de putten	onttrekking en lozing van grondwater uit de reservoirs in het watervoerend pakket	invloed op de grondwaterkwaliteit, de oppervlaktewaterkwaliteit en de oppervlaktewaterkwantiteit

Voor externe veiligheid is geen representatief vergelijkbaar onderzoek gevonden wat een indicatie geeft voor een minimaal aan te houden afstand tot kwetsbare objecten. De afstand van 100 m is daarom niet van toepassing op OBES. Externe veiligheid dient daarom per project te worden afgewogen.

Ingreep-effectrelaties bovengrondse warmteopslag

De ingreep-effectrelaties van bovengrondse warmteopslag hebben betrekking op de bovengrondse tankopslag zoals beschreven in paragraaf 2.2. De ingreep-effectrelaties zijn op hoofdlijnen vergelijkbaar met de ingreep-effectrelaties van ondergrondse warmteopslag (zie tabel 3.5). De verschillen zijn:

- voor bovengrondse warmteopslag leidt bemaling door de beperkte omvang niet tot onderscheidende effecten, waardoor dit geen onderdeel uitmaakt van de effectanalyse;
- de landschappelijke effecten van een bovengrondse opslagtank zijn groter dan de landschappelijke effecten van HTO. Een opslagtank is over het algemeen hoger dan een thermische put, waardoor deze naar verwachting meer landschappelijke effecten veroorzaakt.

3.2.2 Aanpak effectanalyse warmteopslag

De warmtebronnen restwarmte, geothermie, biomassa, zonthermie en warmtepompen kunnen gebruik maken van ondergrondse- of bovengrondse warmteopslag. De effectanalyse voor warmteopslag is daarom relevant voor deze warmtebronnen.

Effectbeoordeling warmteopslag

De uitgangspunten voor de beoordeling van milieueffecten van warmteopslag zijn gelijk aan de uitgangspunten voor warmtebronnen. Ook hier zijn enkel negatieve en sterk negatieve beoordelingen (zie tabel 3.5) toegekend en weergegeven op kaart.

Onderzoeksaanpak ondergrondse warmteopslag

De effectanalyse voor ondergrondse warmteopslag focust zich op de effecten van HTO, OBES en thermische putten. Voor de opslagtechnieken zijn de milieueffecten in beeld gebracht, waarbij in veel gevallen een verwijzing is opgenomen naar de effectanalyses onder warmtebronnen. HTO en een OBES lijken immers in veel aspecten op geothermie, waardoor ook de milieueffecten vergelijkbaar zijn. Voor beide technieken ligt de focus op de onderscheidende milieueffecten ten opzichte van elkaar en ten opzichte van warmtebronnen. Zo is voor thermische putten meer aandacht besteed aan de effecten door ruimtebeslag en de effecten op de ruimtelijk visuele kenmerken. Bij de effectanalyse zijn daarom de onderscheidende effecten apart beschreven en zijn de overige milieueffecten -die vergelijkbaar zijn met warmtebronnen- enkel samengevat. Tot slot zijn de milieueffecten beoordeeld en op kaart weergegeven en zijn de aandachtspunten voor de vervolgfases uiteengezet.

Onderzoeksaanpak bovengrondse warmteopslag

De effectanalyse voor bovengrondse warmteopslag focust zich op de effecten van bovengrondse tankopslag. Net als voor ondergrondse warmteopslag, is ook hier zoveel mogelijk verwezen naar de effectanalyse van warmtebronnen. De bovengrondse warmteopslag onderscheidt zich van de ondergrondse bronnen door de effecten bovengronds, zoals ruimtebeslag en effecten op ruimtelijk visuele kenmerken. Ook hier zijn enkel deze onderscheidende effecten apart beschreven en zijn de overige milieueffecten samengevat.

3.3 Warmtedistributie

Warmtedistributie is afhankelijk van de locatie van het aanbod van duurzame warmte en de locatie van warmtevraag. Daarom omhelst de effectanalyse voor warmtedistributie alleen de algemeen toepasbare aandachtspunten op de milieueffecten. Locatie specifieke milieueffecten zijn buiten beschouwing gelaten.

3.3.1 Ingreep-effectrelaties warmtedistributie

De realisatie van een warmtedistributienetwerk heeft effecten op verschillende milieuaspecten. tabel 3.7 beschrijft welke ingreep-effectrelatie op hoofdlijnen te verwachten zijn voor het ondergrondse warmtenet.

Tabel 3.7 Ingreep-effectrelaties warmtedistributie

Ingreep	Effect	Criterium
werkzaamheden aanleg warmtenet (graafwerkzaamheden, bemaling en boringen)	aantasting opbouw en stabiliteit ondergrond	risico op (acute) diepe bodemdaling en ondiepe zettingen
	aantasting of verspreiding bodemverontreinigingen	invloed op bodemkwaliteit
	veranderingen in de samenstelling van het grondwater	invloed op waterwingebieden en grondwaterbeschermingszones
	veranderingen in de samenstelling van het grondwater	invloed op de grondwaterkwaliteit
	tijdelijk ruimtebeslag in Natura 2000- en GNN-gebieden	effecten op Natura 2000- en GNN-gebieden
	tijdelijk ruimtebeslag in overige beschermde natuurgebieden	effecten op overige beschermde natuurgebieden
	verstoring beschermde soorten	effecten op beschermde soorten
	aantasting of vernietiging cultuurhistorische waarden	effecten op cultuurhistorische waarden
	aantasting of vernietiging archeologische waarden	effecten op archeologische waarden
	geluidemissie tijdens aanleg- en gebruiksfase	overschrijding geluidsnorm op geluidsgevoelige objecten
	kruisingen wegen, spoorwegen, vaarwegen en kabels en leidingen	kruisingen met bestaande infrastructuur
	belemmering toekomstig ruimtegebruik	effecten op toekomstig ruimtegebruik
	aantasting bodemopbouw kwetsbare beeksystemen	invloed op Natura 2000- en GNN-gebieden en effect op cultuurhistorische waarden

Het milieuaspect externe veiligheid is niet beschouwd. Dit omdat voor het transport van warmte door buisleidingen op het gebied van externe veiligheid geen wettelijke eisen gelden met betrekking tot het plaatsgebonden risico en groepsrisico.

3.3.2 Aanpak effectanalyse warmtedistributie

Effectbeoordeling warmtedistributie

De milieueffecten als gevolg van de aanleg van het warmtenet worden niet beoordeeld. Dit omdat de effecten van de aanleg van het warmtenet in mindere mate spelen op regio- of gebiedsniveau, maar meer op specifieke locaties. Daarnaast zijn de effecten sterk afhankelijk van de ingreep ter plaatse en kan een deel van de effecten worden weggenomen door toepassing van maatregelen zoals een HDD-boring (horizontaal gestuurde boring). Het rood of oranje aanduiden van gebieden of locaties op een kaart leidt daarmee tot een overschatting van effecten en dus tot een vertekend beeld van de mogelijkheden voor aanleg van het warmtedistributienetwerk. De effectanalyse beperkt zich daarmee tot een beschrijving van wat (niet) haalbaar is op grond van wetgeving en beleid.

Onderzoeksaanpak warmtedistributie

De effectanalyse voor warmtedistributie beperkt zich tot de effecten van de aanleg en het gebruik van het ondergrondse warmtenet.

Voor deze onderdelen betreft de effectanalyse een beschrijving van de milieueffecten op hoofdlijnen. De kansen voor realisatie, de beoogde tracés, de technische kenmerken en de hoeveelheid en locatie van benodigde bovengrondse installaties zijn namelijk onbekend. Dit maakt dat de effectanalyse een beschrijving op principeniveau betreft. Hierbij is niet altijd specifiek ingegaan op gebiedseigenschappen van de provincie Gelderland. Ook beschrijft deze effectanalyse geen effecten op het detailniveau van een wijk, buurt of woning. Deze effecten zijn dusdanig afhankelijk van de eigenschappen van de wijk, buurt of woning (dichtheid, aanwezige leidingen, woningeigenschappen) dat deze niet passen bij het detailniveau van dit plan-MER.

Paragraaf 4.3 geeft voor het ondergrondse warmtenet en de bovengrondse installaties per milieuthema een effectbeschrijving op hoofdlijnen. De thema's waarvoor de effecten op hoofdlijnen zijn beschreven, volgen uit de ingreep-effectrelaties. Per milieuthema is naast de effectbeschrijving op hoofdlijnen ook aangegeven of, en zo ja, welke gebieden vanuit dat milieuthema bij voorkeur vermeden worden.

Voor het ondergrondse warmtenet beperkt de effectbeschrijving zich tot de aanlegfase, omdat alleen dan significante effecten optreden. Gelijk aan de effectanalyse voor elektriciteit in deel B van dit plan-MER, geldt ook voor warmtedistributie dat niet elk effect een risico vormt voor de uitvoerbaarheid van het project. De omvang van de effectbeschrijvingen loopt hierdoor uiteen. Daarnaast zijn de effecten van aanleg van het warmtenet naar verwachting op hoofdlijnen vergelijkbaar met de aanleg van ondergrondse hoogspanningskabels. Daarom is bij sommige thema's verwezen naar de effectbeschrijving bij elektriciteit. Ook zijn de daar beschreven wettelijke- en beleidskaders in veel gevallen ook van toepassing op de warmtedistributie.

Onbekende factoren effectanalyse warmtedistributie

Warmtedistributie bestaat uit het ondergronds warmtenet en bovengrondse installaties. Van beide onderdelen zijn nog veel factoren onbekend. Daarom zijn uitgangspunten gedefinieerd die achtergrondinformatie bieden voor de effectanalyse. De onderstaande ontbrekende factoren maken dat de effectanalyse warmte zich beperkt tot een analyse op hoofdlijnen. Onder onbekende factoren worden verstaan:

- de aansluiting op het type warmtebron;
- de aansluiting op het type afnemer, zoals kassen of woningen;
- de omvang van het warmtenet;
- de omvang van de buisleidingen;
- de omvang en de hoeveelheid benodigde bovengrondse installaties. Dit varieert ten minste per warmtebron, omvang van het warmtenet en het type afnemer.

4

BASISBEOORDELING WARMTE

4.1 Effectanalyse warmtebronnen

In deze paragraaf staat de effectbeoordeling voor de warmtebronnen. De effecten zijn beoordeeld in gebieden die een aandachtspunt vormen vanuit milieuperspectief (-) of een risico vormen voor de haalbaarheid vanuit milieuperspectief (--). De effectbeoordeling betreft een eerste inschatting van de haalbaarheid. Per project dient nader onderzoek plaats te vinden naar de project specifieke milieueffecten.

4.1.1 Geothermie

Effectbeoordelingen geothermie

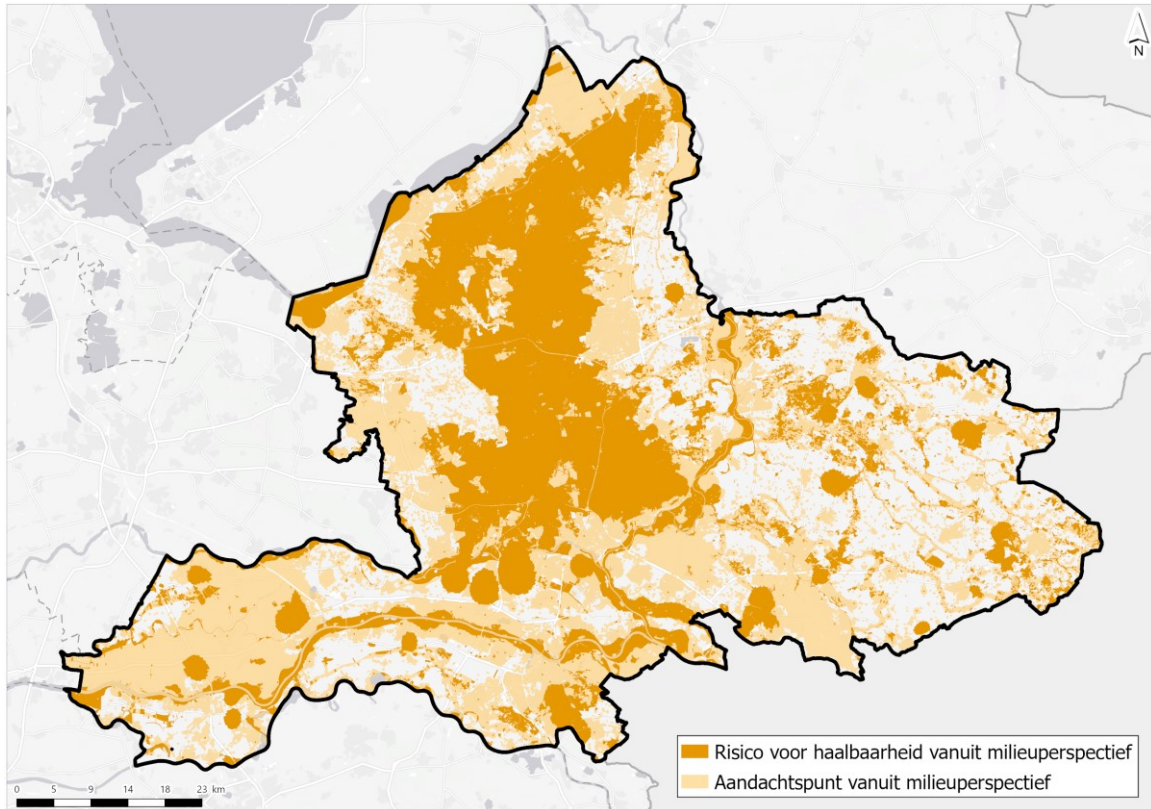
tabel 4.1 laat het overzicht van effectbeoordelingen van geothermie zien, op basis van expert judgement.

Tabel 4.1 Effectbeoordeling geothermie (expert judgement)

Aspect	Effectbeoordeling	Oordeel t.o.v. de referentiesituatie
invloed op waterwingebieden	--	risico
invloed op grondwaterbeschermingszones en boringsvrije zones	--	risico
invloed op (minder) kwetsbare drinkwaterreservingsgebieden	-	aandachtspunt
ruimtebeslag in Natura 2000- en GNN-gebieden	--	risico
ruimtebeslag in overige beschermde gebieden (weidevogelgebieden, ganzenrustgebieden en GO)	-	aandachtspunt
effecten op archeologische monumenten (AMK categorie 'Terrein van zeer hoge archeologische waarde, beschermd')	--	risico
effecten op beschermde cultuurhistorische waarden*	--	risico
invloed op externe veiligheid (kwetsbare objecten binnen 100 m)	-	aandachtspunt

* Voor molenbiotopen geldt dat binnen 100 m rondom de molen geen bouwwerken zijn toegestaan (--). In een zone tussen 100 en 400 m rondom de molenbiotoop zijn bouwwerken enkel onder voorwaarden (gerelateerd aan hoogtebeperkingen) mogelijk (zie ook bijlage VII). Deze zone is daarom als 'aandachtspunt (-)'.
afbeelding 4.1 laat de effectbeoordeling voor geothermie zien die volgt uit tabel 4.1 en de beschreven analyse.

Afbeelding 4.1. Effectbeoordeling geothermie (expert judgement)



tabel 4.2 laat de aandachtspunten zien voor geothermie, die relevant zijn voor de vervolgfases van mogelijke geothermieprojecten in de provincie Gelderland.

Tabel 4.2 Aandachtspunten geothermie

Aspect	Aandachtspunt
risico op (acute) bodemdaling	seismologisch onderzoek uitvoeren om eventuele seismologische activiteiten te voorkomen
risico op ondiepe zettingen	veengronden zijn zettingsgevoelig. Mogelijk toepassing extra funderingen voor boortorens
effecten op de grondwaterkwaliteit	effecten op grondwaterkwaliteit zijn in de praktijk te voorkomen standaard toegepaste maatregelen. Verzilting door convectie langs de boorput is een aandachtspunt
invloed op niet-beschermde, relevant gebieden voor drinkwater	mogelijk (uitstralende) effecten op grondwater in gebieden die relevant zijn voor drinkwaterwinning, maar die niet beschermd zijn
effecten op beschermde soorten	geothermie veroorzaakt naar verwachting effecten op beschermde soorten gedurende de aanleg- en gebruiksfase. Per project moet onderzoek plaatsvinden om een ontheffing van de Wnb te kunnen aanvragen
invloed op verwachte archeologische waarden	voorafgaand aan uitvoeringswerkzaamheden dient archeologisch onderzoek plaats te vinden om aan te tonen dat geen archeologische waarden worden aangetast of vernietigd
overschrijding geluidsnorm	geluidonderzoek verplicht binnen 300 m van geluidgevoelige objecten
overige hinder	overige hinder door werkzaamheden moet per project worden onderzocht

Effectbeschrijving

De effectbeoordeling en aandachtspunten van de vorige paragraaf wordt in deze paragraaf met een algemene effectbeschrijving per milieuaspect van geothermie onderbouwd.

Risico op (acute) diepe bodemdaling en ondiepe zettingen

Het **risico op (acute) bodemdaling** hangt onder andere af van de eigenschappen van de ondergrond. Bij de aanleg van de putten voor geothermie wordt de diepe bodemopbouw verstoord en kan in theorie geleidelijke bodemdaling optreden. Bij geothermie wordt, in tegenstelling tot delfstoffenwinning, netto geen materie uit de ondergrond onttrokken. Bovendien blijven de putten aanwezig in de ondergrond waardoor geen nieuwe ruimtes ontstaan tussen bodemlagen. Daarbij wordt de ruimte rondom de put gecementeerd (zie ook effecten op grondwater), zodat geen drukverschil optreedt langs de putten. De bodemopbouw blijft hiermee vrijwel intact, waardoor geleidelijke bodemdaling niet optreedt.

Doorboring van bodemlagen kan daarnaast ook leiden tot acute bodemdaling. Dit heet geïnduceerde seismiciteit, ofwel aardbevingen veroorzaakt door menselijke activiteit. De gaswinning in Groningen is hiervan een voorbeeld. In tegenstelling tot gaswinning, wordt bij geothermie geen materie gewonnen. Hierdoor ontstaan geen vrije ruimten in de ondergrond die tot een drukverschil leiden met seismische activiteit tot gevolg. Bij geothermie wint de productieput warmte uit de ondergrond door warm water uit een reservoir in de bodem naar de oppervlakte te pompen. Dit water wordt via de injectieput weer in hetzelfde reservoir gebracht, waardoor de netto hoeveelheid water in het reservoir gelijk blijft. Het water wordt geleidelijk in het reservoir teruggebracht, waarmee drukverschillen in het reservoir niet of nauwelijks optreden. Aardbevingen door drukverschillen in het reservoir zijn hierdoor niet te verwachten.

Geïnduceerde seismiciteit wordt gestimuleerd door bewegingen van activiteiten nabij van nature aanwezige breuken in de diepe ondergrond. Daarom zijn locaties nabij (< 500 m) bekende breuken in de ondergrond geen haalbare locaties voor geothermie. Ook locaties nabij (voormalige) mijnbouwprojecten worden zoveel mogelijk vermeden omdat hier een verhoogde kans is op seismische activiteit.

Naast de eigenschappen van de ondergrond hebben ook operationele factoren en ondergrondse effecten van een geothermieproject invloed op de kans van geïnduceerde seismiciteit. Voorbeelden van ondergrondse effecten zijn drukverhoging door vloeistofinjectie (om stroming in het reservoir te stimuleren), afkoeling van het gesteente (door warmteonttrekking) en volumeverandering van vloeistof in de poriën van het gesteente. In vergelijking met veel internationale projecten hebben Nederlandse systemen een relatief lage injectiedruk, beperkte gesteenteafkoeling en is het volumeverschil nihil. Daarmee leiden deze operationele factoren in Nederland over het algemeen niet tot een verhoogd risico op seismische activiteit¹.

Voorafgaand aan een geothermieproject dient een seismologisch onderzoek, inclusief risicoanalyse, te worden uitgevoerd. Hiermee kunnen de risico's op seismische activiteit worden bepaald en kan een nauwkeurige locatieafweging plaatsvinden².

Geothermie heeft een **risico op ondiepe zettingen**. Bij geothermie wordt een bovengrondse installatie geplaatst waar de gewonnen warmte wordt ingebracht op het warmtedistributienetwerk. Het bodemtype bepaalt de stabiliteit en het risico op zettingen van de ondergrond. Veengronden bevatten veel en grote poriën gevuld met water en lucht. Door druk van bovenaf, door bijvoorbeeld de bouw van een bovengrondse installatie voor geothermie, kan deze lucht en water uit de poriën worden geperst. In dat geval wordt de bodem in elkaar gedrukt met een zetting tot gevolg. Veen is daarmee zettingsgevoelige grond. Klei is dit in mindere mate en zand is over het algemeen niet gevoelig voor zettingen. In paragraaf 5.9.2 (deel B van dit plan-MER) is een afbeelding opgenomen die de verschillende bodemtypen in de provincie Gelderland zien. Bij de locatiekeuze van de bovengrondse installatie moet rekening worden gehouden met de aanwezige kleigronden rondom de rivieren. Bij realisatie van een boortoren op veengronden (nauwelijks aanwezig) moeten maatregelen worden getroffen zoals diepe(re) fundering.

¹ Review of worldwide geothermal projects: mechanisms and occurrence of induced seismicity, TNO 2019.

² Voorstel voor een seismische gevaren- en risicoanalyse voor geothermische projecten in Nederland, QCon & IF Technology 2016.

Tabel 4.3 vat de risico's samen op bodemdaling en zettingen. Geothermie heeft een beperkt risico op (acute) diepe bodemdaling door dat er netto geen materie uit de ondergrond wordt onttrokken. Wel dient er voorafgaand aan de uitvoering van een geothermieproject, seismologisch onderzoek te worden uitgevoerd om eventuele seismologische activiteit door geothermie zoveel mogelijk uit te sluiten. Voor de bovengrondse installatie moet rekening gehouden worden met veengronden en, indien nodig, (extra) funderingen worden aangebracht. Hiermee worden zettingen voorkomen.

Tabel 4.3 Risico's van geothermie op (acute) diepe bodemdaling en ondiepe zettingen

Aspect	Aandachtspunt of beoordeling?	Effectbeoordeling
risico op (acute) bodemdaling	aandachtspunt, effecten per project onderzoeken	niet van toepassing
risico op ondiepe zettingen	aandachtspunt, effecten per project onderzoeken	niet van toepassing

Omdat bodemdaling en ondiepe zettingen niet leiden tot strijdigheden met wetgeving en/of beleid, is geen effectbeoordeling toegepast. Wel vormen bovengenoemde milieueffecten aandachtspunten voor de vervolgfase van de mogelijke projecten.

Invloed op grondwaterkwaliteit, waterwingebieden en grondwaterbeschermingszones

Met de aanleg van de productie- en injectieput voor geothermie worden verschillende bodemlagen doorboord, wat invloed kan hebben op de **grondwaterkwaliteit**. Daarbij kunnen ook (ondiepe) kleilagen doorboord worden. Deze kleilagen functioneren door hun hoge dichtheid als afsluitende en beschermde laag voor grondwatervoorraden in watervoerende pakketten. Met het doorboren van deze grondlagen wordt deze afsluitende laag als het ware geopend. Bij onvoldoende afdichting van de boorput kan hierdoor lekkage plaatsvinden en krijgt het grondwater in het watervoerend pakket kans zich langs de put te mengen met overig grondwater en vice versa. Hierdoor kan de samenstelling van het aanwezige grondwater veranderen door verspreiding van verontreinigingen of een toe- of afname van bijvoorbeeld het chloridegehalte.

De verspreiding van eventuele verontreinigingen en de mogelijke menging van zoet en zout water vormen een potentieel risico voor drinkwatervoorraden. Zo kan bij onvoldoende afdichting van de boorput dieper gelegen zout water zich langs de putten opwaarts verplaatsen tot zoetwaterreservoirs die worden gebruikt voor drinkwaterwinning. Dit is ongewenst omdat het grondwater daarmee niet meer geschikt is voor drinkwatergebruik.

Beschikbare onderzoeken laten zien dat waterverplaatsing langs de geothermieputten tussen afsluitende kleilagen in de praktijk door zorgvuldige werkzaamheden en een goede afdichting voorkomen wordt. Bovendien zijn de boringen onderhevig aan geldende eisen uit de Mijnbouwwet (ook geldig voor olie- en gasboringen), waarmee risico's en effecten geminimaliseerd worden. De praktijk wijst uit dat de maatregelen daarmee voornamelijk betrekking hebben op het zorgvuldig uitvoeren van de boorwerkzaamheden. Met het gebruik van een boormethode met uitgebreide boorbeschrijving van de grondlagen, kunnen scheidende lagen goed geïdentificeerd worden. Afdichting van scheidende kleilagen kan hiermee tijdig en vakkundig plaatsvinden, waarmee ongewenste waterverplaatsing voorkomen wordt.

Overige mogelijke oorzaken van aantasting van het grondwater door geothermie (zoals putlekkage) worden niet beschouwd omdat deze in de praktijk tot op heden niet optreden¹.

¹ Zie ook Risico-inventarisatie geothermie Provincie Gelderland.

In de provincie Gelderland wordt op verschillende plekken **drinkwater** gewonnen, zie paragraaf 3.1.4 in deel B van dit plan-MER. Deze gebieden zijn aangeduid als waterwingebied en worden omringd door een **grondwaterbeschermingszone** en boringsvrije zones. Om ook in de toekomst verzekerd te zijn van voldoende drinkwater, heeft de provincie (minder) kwetsbare drinkwaterreserveringsgebieden geselecteerd. Door nu al deze gebieden te beschermen, zorgt de provincie ervoor dat het grondwater van goede kwaliteit blijft voor toekomstige drinkwaterwinning.

Deze aanduidingen kennen een milieubeschermingsstatus voor grondwater ten behoeve van de waterwinning, zoals vastgelegd in de Provinciale Omgevingsverordening. Volgens artikel 3.10 van de Omgevingsverordening Gelderland geldt voor waterwingebieden een verbod voor het uitvoeren van grondroerende werkzaamheden dieper dan 2 m onder het maaiveld. In artikel 3.36 zijn voorwaarden opgenomen om een ontheffing te verkrijgen voor het uitvoeren van werkzaamheden dieper dan 2 m. Het wordt voor dit plan-MER niet waarschijnlijk geacht dat bij de ontwikkeling van geothermie kan worden voldaan aan de ontheffingsvoorwaarden uit artikel 3.36. Voor grondwaterbeschermingsgebieden en boringvrije zones geldt een verbod voor het uitvoeren van grondroerende werkzaamheden voor een diepte van 3 m of meer onder het maaiveld. Dit staat in artikel 3.16 en 3.25 van de Omgevingsverordening. Geothermie wordt hiermee ook als niet haalbaar geacht binnen deze gebieden.

In kwetsbare drinkwaterreserveringsgebieden geldt een verbod voor het roeren van de bodem dieper dan 10 m onder het maaiveld volgens artikel 3.32d van de Omgevingsverordening Gelderland, tenzij wordt voldaan aan de voorschriften in de bijlage Grondwaterbescherming, onderdeel F. In minder kwetsbare drinkwaterreserveringsgebieden¹ geldt een verbod voor het roeren van de bodem dieper dan 30 m onder het maaiveld volgens artikel 3.32m van de Omgevingsverordening Gelderland, tenzij wordt voldaan aan de voorschriften in de bijlage Grondwaterbescherming, onderdeel F. Voor beide gebieden geldt dat geothermie niet op voorhand onhaalbaar is.

Tabel 4.4 vat de invloed op grondwaterkwaliteit, waterwingebieden en grondwaterbeschermingszones samen. Geothermie kan leiden tot effecten op de grondwaterkwaliteit. Deze effecten worden in de praktijk echter voorkomen door toepassing van standaard toegepaste maatregelen en zorgvuldig werk en vormen daarmee enkel een aandachtspunt voor de vervolgfases. De realisatie van een geothermieproject in waterwingebieden en grondwaterbeschermingsgebieden is vanuit de Provinciale Omgevingsverordening niet toegestaan. Deze gebieden zijn daarom als sterk negatief (--) beoordeeld, omdat geothermie hier vanuit wetgeving niet haalbaar is. De gebieden rondom de beschermde gebieden zijn mogelijk kansrijk vanuit bodempotentie, maar effecten op de drinkwaterwinning zijn hierbij niet uitgesloten. Deze gebieden zijn daarom als aandachtspunt opgenomen waarbij de effecten in volgende fases onderzocht moeten worden.

Tabel 4.4 Invloed van geothermie op grondwaterkwaliteit en waterwingebieden en grondwaterbeschermingszones

Aspect	Aandachtspunt of beoordeling?	Effectbeoordeling
effecten op de grondwaterkwaliteit	aandachtspunt, effecten per project onderzoeken	niet van toepassing
invloed op waterwingebieden	effectbeoordeling, strijdig met wetgeving	--
invloed op grondwaterbeschermingsgebieden en boringsvrije zones	effectbeoordeling, strijdig met wetgeving	--
invloed (minder) kwetsbare drinkwaterreserveringsgebieden	effectbeoordeling, aandachtspunt	-

Effecten op natuur

Geothermieprojecten behoeven circa 0,5 ha bovengrondse ruimte voor de bovengrondse installatie, wat invloed kan hebben op **beschermde gebieden**. Hierdoor is het potentieel ruimtebeslag in beschermde natuurgebieden relatief beperkt. Echter heeft een geothermie-installatie een toegangsweg en is sprake van een constante licht- en geluidemissie. Daardoor zijn effecten op beschermde natuurgebieden naar verwachting significant negatief bij plaatsing van een geothermie-installatie in beschermde gebieden (Natura 2000-gebieden, GNN-gebieden en overige provinciaal beschermde gebieden). Realisatie is enkel mogelijk als in een voortoets en, indien nodig, Passende Beoordeling wordt getoetst of sprake is van significante effecten. Naar verwachting is realisatie in een Natura 2000-gebied en GNN-gebied niet vergunbaar door significante effecten door ruimtebeslag. Dit maakt dat geothermieprojecten in Natura 2000-gebieden en GNN-gebieden op basis van deze verwachting zijn uitgesloten. Effecten van realisatie van een geothermieproject in deze natuurgebieden wordt daarom niet nader beschouwd.

Onderstaande paragrafen beschrijven de mogelijke effecten van een geothermieproject nabij beschermde natuurgebieden. Een geothermieproject dichtbij een Natura 2000- of GNN-gebied kan ook significant negatieve effecten hebben op de aanwezige natuurwaarden. Dit kan bijvoorbeeld gaan om verstoring door geluid- of licht emissie tijdens de aanleg en gebruiksfase. Voor deze projecten dient nader onderzoek plaats te vinden waarin deze effecten in beeld worden gebracht.

Tijdens de aanlegfase van geothermieputten kunnen negatieve effecten optreden op Natura 2000-gebieden in of buiten de provincie Gelderland. Dit komt voort uit de emissie van luchtverontreinigende stoffen gedurende de aanlegfase door de boringen en de transportbewegingen. Hierdoor kan de stikstofdepositie in de Natura 2000-gebieden toenemen. Hoofdstuk 2 van de Wet natuurbescherming bevat de kaders voor de beoordeling van activiteiten die (mogelijk) negatieve effecten hebben op de instandhoudingsdoelstellingen van de Natura 2000-gebieden. Voor de vergunningverlening dient te worden aangetoond dat het project geen significant negatief effect heeft op de instandhoudingsdoelstellingen van de Natura 2000-gebieden. Als het project leidt tot significant negatieve effecten, moet uit een voortoets of een Passende Beoordeling blijken dat de natuurlijke kenmerken van het Natura 2000-gebied niet worden aangetast. Dit is een risico voor de vergunbaarheid vanuit de Wet natuurbescherming. Per project dient een onderzoek te worden uitgevoerd die de mate van stikstofdepositie en de effecten daarvan op de instandhoudingsdoelstellingen van Natura 2000-gebieden aantoont.

Een geothermieproject in overige natuurgebieden zoals weidevogelgebieden, ganzenfoerageergebieden en stiltegebieden leidt tot ruimtebeslag en versturende effecten. Tijdens de aanlegfase worden soorten afgeschrikt door de geluidproductie en de transportbewegingen. Tijdens de gebruiksfase is een bovengrondse installatie van circa 0,5 ha te midden van een stiltegebied of rust- of foerageergebied onwenselijk. Ook de constante lichtemissie en geluidproductie kan tijdens de gebruiksfase effect hebben op de functie van deze gebieden. De effecten op overige natuurgebieden betreft maatwerk en dient te worden afgewogen in de nadere projectfases. Deze gebieden hoeven op grond van het geldend beleid niet op voorhand worden vermeden, maar zijn enkel mogelijk onder voorwaarden. Wel geldt dat ze door de te verwachten effecten bij voorkeur vermeden worden vanuit milieuperspectief.

Een geothermieboring is niet per definitie een verticale boring, maar kan ook een schuine boring zijn. Hierbij kan ruimtebeslag door de bovengrondse installatie in een beschermd natuurgebied worden vermeden, maar kan de boring wel onder het natuurgebied worden gepositioneerd. Dit kan vanuit geothermische potentie de voorkeur genieten. Hierbij zijn effecten door verstoring echter niet op voorhand uit te sluiten omdat de boorinstallatie alsnog op korte afstand van het natuurgebied staat. Per project dient dit daarom nader te worden onderzocht.

Een geothermieproject kan een **versturende werking hebben op beschermde soorten** onder de Wet natuurbescherming. Dit komt voort uit de geluidproductie, de lichtemissie, het ruimtebeslag en de transportbewegingen. Met name tijdens het broedseizoen kan dit een versturende werking hebben. Voor de vergunningverlening dient in het kader van de Wet natuurbescherming een quickscan (als onderdeel van de Natuurtoets) te worden uitgevoerd om te analyseren of, en zo ja welke, beschermde soorten zich in het gebied op en rond de beoogde locatie bevinden. Daarbij dienen ook de mogelijke negatieve effecten te worden beschouwd.

Tabel 4.5 vat de effecten op natuur samen. Geothermieprojecten in Natura 2000- en GNN-gebieden zijn uitgesloten op grond van geldende wet- en regelgeving. Naar verwachting leiden geothermieprojecten tijdens de aanlegfase tot (significant) negatieve effecten door stikstofdepositie op Natura 2000-gebieden. Ook worden effecten op ganzenfoerageergebieden en weidevogelgebieden verwacht door ruimtebeslag en/of verstoring in de aanleg- en gebruiksfase. Hetzelfde geldt voor beschermde soorten onder de Wet natuurbescherming. Daarom dient voorafgaand aan elk geothermieproject een onderzoek te worden aangetoond waarin aan- of afwezigheid van effecten op natuurwaarden wordt aangetoond. De mogelijkheden om schuin onder een natuurgebied te boren zijn locatieafhankelijk en moeten per project nader worden onderzocht. Daarnaast dient per project de afweging gemaakt te worden of een dergelijke boring op de locatie gewenst is. In de praktijk zijn projecten buiten risico- of aandachtsgebieden waarschijnlijker dan projecten in een natuurgebied. Bovendien zijn boringen nabij stedelijk gebied kansrijker omdat zo de uitkoppelafstand naar de afnemer korter is. De verwachting is daarmee dat een geothermieproject in een natuurgebied niet heel waarschijnlijk is, vanwege de mogelijke milieueffecten en de (veelal) grotere afstand tussen vraag en aanbod.

Tabel 4.5 Effecten van geothermie op natuur

Aspect	Aandachtspunt of beoordeling?	Effectbeoordeling
ruimtebeslag in Natura 2000- en GNN-gebieden	effectbeoordeling, strijdig met wetgeving	--
ruimtebeslag in overige beschermde gebieden	effectbeoordeling, aandachtspunt	-
effecten op beschermde soorten	aandachtspunt, effecten per project onderzoeken	niet van toepassing

Effecten op archeologische waarden

De boorwerkzaamheden voor geothermie kunnen archeologische waarden aantasten of vernietigen. Een deel van deze archeologische waarden is vastgelegd als archeologisch monument. Deze monumenten zijn wettelijk beschermd, waarmee aantasting of vernietiging niet is toegestaan. Een geothermieboring op de locatie van deze archeologische monumenten is vanuit milieuperspectief niet haalbaar. Het type en de omvang van archeologische monumenten verschilt. Vaak gaat het om relatief kleine locaties die door nadere positionering van de geothermieboring te vermijden zijn. Per geothermieproject dient daarom in kaart te worden gebracht of er archeologische monumenten binnen de voorziene locatie liggen en of deze met nadere positionering te vermijden zijn.

Naast de wettelijke beschermde archeologische monumenten moet bij mogelijke geothermieprojecten rekening worden gehouden met de archeologische verwachtingswaarde. In gebieden met een hoge archeologische verwachtingswaarde dient archeologisch onderzoek plaats te vinden voor uitvoering van de werkzaamheden. Hiermee moet worden aangetoond dat de werkzaamheden geen archeologische waarden aantasten of vernietigen.

Tabel 4.6 Effecten geothermie op archeologische waarden

Aspect	Aandachtspunt of beoordeling?	Effectbeoordeling
effecten op archeologische monumenten	effectbeoordeling, strijdig met wetgeving	--
effecten op verwachte archeologische waarden	aandachtspunt, effecten per project onderzoeken	niet van toepassing

Effecten op beschermde cultuurhistorische waarden

De boorwerkzaamheden voor geothermie kunnen cultuurhistorische waarden aantasten of vernietigen. Een deel van de cultuurhistorische waarden is beschermd en mag niet worden aangetast. Dit gaat om beschermde stads- en dorpsgezichten, rijksmonumenten en molenbiotopen (zie ook 3.1.2 van deel B van dit plan-MER). Realisatie van een geothermieproject op locaties die zijn aangeduid als beschermde cultuurhistorische waarde is vanuit milieuperspectief niet haalbaar omdat hier door zichtbeperking of windvang (bij molenbiotopen) de cultuurhistorische waarden kunnen worden aangetast. Mogelijkheden voor schuin boren onder cultuurhistorische waarden moeten per project nader worden onderzocht. Het is mogelijk dat met schuin boren de cultuurhistorische waarden niet worden aangetast of vernietigd, echter hangt dit af van de aard en omvang van de cultuurhistorische waarde.

Voor molenbiotopen geldt dat binnen 100 m rondom de molen geen boorinstallaties zijn toegestaan. In de zone tussen 100 en 400 m rondom de molenbiotoop zijn bouwwerken enkel onder voorwaarden (gerelateerd aan hoogtebeperkingen) mogelijk. Deze zone is daarom als 'bij voorkeur vermijden' beoordeeld. Daarnaast moet rekening gehouden worden met cultuurhistorisch waardevol reliëf en andere in de provinciale Kwaliteitskaart aangeduide cultuurhistorische waarden. Daarom moet per project de impact op cultuurhistorische waarden worden aangetoond.

Tabel 4.7 Effecten geothermie op beschermde cultuurhistorische waarden

Aspect	Aandachtspunt of beoordeling?	Effectbeoordeling
effecten op beschermde cultuurhistorische waarden*	effectbeoordeling, strijdig met wetgeving	--
effecten op overige cultuurhistorische waarden	aandachtspunt, effecten per project onderzoeken	niet van toepassing

* Voor molenbiotopen geldt dat binnen 100 m rondom de molen geen bouwwerken zijn toegestaan (--). In een zone tussen 100 en 400 m rondom de molenbiotoop zijn bouwwerken enkel onder voorwaarden (gerelateerd aan hoogtebeperkingen) mogelijk (zie ook bijlage VII). Deze zone is daarom als 'aandachtspunt' beoordeeld (-).

Externe veiligheid

In het Bevi¹ zijn inrichtingen aangewezen die een gevaar kunnen vormen voor de omgeving. Dit gevaar wordt uitgedrukt in het plaatsgebonden risico (PR), dat een maat is voor externe veiligheid. De reikwijdte van dit risico wordt aangeduid met de PR10⁻⁶-risicocontour, ofwel de grenswaarde voor het jaarlijks risico voor kwetsbare objecten. Binnen deze risicocontour mogen, conform het Bevi, geen kwetsbare objecten (zoals woningen, scholen, ziekenhuizen, etc.) liggen. In het Bevi zijn inrichtingen aangewezen waarop de regels over het vaststellen van de risicocontouren van toepassing zijn. Dit omvat onder andere inrichtingen waar opslag of winning van gevaarlijke stoffen -zoals aardgas of aardolie- plaatsvindt.

Bij de winning van aardwarmte is echter geen sprake van gevaarlijke stoffen. De regels uit het Bevi zijn daarom niet van toepassing op booractiviteiten naar aardwarmte. Voor geothermieprojecten hoeft daarom formeel geen rekening te worden gehouden met het plaatsgebonden risico en het afstand houden tot kwetsbare objecten. Echter kan bij een geothermieboring op aardgas worden gestuit, waarmee risico's op externe veiligheid niet op voorhand met zekerheid kunnen worden uitgesloten. Dit maakt dat voor uitvoering van een geothermieproject een kwantitatieve risicoanalyse moet worden uitgevoerd. In deze kwantitatieve risicoanalyse worden de eigenschappen van de activiteit afgezet tegen de eigenschappen van de omgeving. Hieruit volgt een afstand (risicocontour) die aanduidt waarbinnen externe veiligheidsrisico's kunnen optreden. Deze risicocontour geldt als adviesafstand om aan te houden tussen de geothermische installatie en kwetsbare objecten.

¹ Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi).

Eerdere kwantitatieve risicoanalyses van geothermieprojecten tonen aan dat de risicocontour op circa 100 m van de boorlocatie ligt^{1,2}. Dit betekent dat op basis van deze voorgaande projecten een adviesafstand van 100 m tot kwetsbare objecten geldt. Per project moet een kwantitatieve risicoanalyse uitwijzen of deze afstand voldoende is om externe veiligheidsrisico's op kwetsbare objecten uit te sluiten.

Tabel 4.8 Invloed geothermie op externe veiligheid

Aspect	Aandachtspunt of beoordeling?	Effectbeoordeling
invloed op externe veiligheid (kwetsbare objecten binnen 100 m)	effectbeoordeling, aandachtspunt	-

Geluid en overige hinder

Een geothermieproject veroorzaakt geluidemissies gedurende de aanleg- en gebruiksfase. Geluidemissie treedt met name op tijdens de aanlegfase door boorwerkzaamheden. Omdat bij geothermie boringen worden toegepast, valt een geothermie-installatie onder het Besluit algemene regels milieu mijnbouw en de Handreiking Industrielawaai (1998). Hierin staan normen vastgesteld waar de maximale geluidbelasting gedurende de aanlegfase onder moet blijven. Deze normen zijn van toepassing op geluidgevoelige objecten zoals woningen, scholen en ziekenhuizen, zoals vastgesteld in de Wet geluidshinder en het Besluit geluidshinder. Indien een locatie voor een geothermieproject binnen 300 m van een geluidgevoelig object ligt, dient akoestisch onderzoek te worden uitgevoerd om aan te tonen dat de geluidbelasting tijdens de aanlegfase onder de gestelde normen blijft. tabel 4.9 geeft deze normen weer.

Tabel 4.9 Eisen langtijdgemiddeld beoordelingsniveau ($L_{Ar,LT}$) en maximaal geluidsniveau boorinstallatie per dagdeel

	07.00-19.00 uur	19.00-23.00 uur	23.00-07.00 uur
$L_{Ar,LT}$, in geluidgevoelige gebouwen op een afstand van 300 m of minder van de mobiele installatie	40 dB (A)	35 dB (A)	30 dB (A)
$L_{Ar,LT}$, op een afstand van 300 m van de mobiele installatie	60 dB (A)	55 dB (A)	50 dB (A)
$L_{A,max}$, op een afstand van 300 m van de mobiele installatie	70 dB (A)	65 dB (A)	60 dB (A)

$L_{Ar,LT}$: het gemiddelde van de afwisselende niveaus van het ter plaatse optredende geluid, gemeten in een bepaalde periode

$L_{A,max}$: maximaal geluidsniveau

Daarnaast zijn de normen uit artikel 4.113 van het BBL van toepassing. Dit artikel bevat normen voor de dagwaarde en de daarbij behorende maximale blootstellingsduur in dagen. tabel 4.10 geeft deze waarden weer. Voor de nachtperiode is de standaardnorm van 40 dB(A) van toepassing, tenzij ontheffing wordt aangevraagd. Tot hoever deze geluidniveaus reiken is projectafhankelijk en dient moet per project worden onderzocht.

¹ QRA Geothermische boringen Aardwarmteproject 'Duurzaam Voorne' aan de Konneweg 4b te Tinte. (9 augustus 2018, Antea Group).

² Risicoanalyse Haagse Aardwarmte Leyweg (30 november 2018, Adviesgroep AVIV BV).

Tabel 4.10 Maximale blootstellingsduur bij bouw- en sloopwerkzaamheden (bron: artikel 8.3 van het Bouwbesluit 2012)

	≤60 dB(A)	>60 dB(A) (61-65 dB(A))	>65 dB(A) (66-70 dB(A))	>70 dB(A) (71-75 dB(A))	>75 dB(A) (76-80 dB(A))	>80dB(A)
maximale blootstellingsduur	onbeperkt	50 dagen	30 dagen	15 dagen	5 dagen	0 dagen

In algemene zin kan hinder ontstaan door de boorwerkzaamheden, de op- en afbouw van de boortoren en de aan en afvoer van materieel. Door de werkzaamheden en voertuigbewegingen kan hinder op omwonenden ontstaan. Indien de locatie slecht bereikbaar is via de weg, dienen tijdelijke bouwwegen te worden aangelegd en moet een permanente weg voor onderhoudswerkzaamheden worden aangelegd. Tot slot zijn de werkterreinen uit veiligheidsoverwegingen permanent verlicht. In woonwijken dient hiervoor hinderlijke lichtstraling zoveel mogelijk te worden vermeden conform de geldende regelgeving ter plaatse.

Tijdens de gebruiksfase kan enkel sprake zijn van normoverschrijding als de geothermie-installatie dichtbij woningen ligt. De geluidemissie tijdens de gebruiksfase is echter aanzienlijk kleiner dan tijdens de aanlegfase en wordt daarom niet nader beschouwd.

Tabel 4.11 Invloed geothermie op geluid en overige hinder

Aspect	Aandachtspunt of beoordeling?	Effectbeoordeling
overschrijding geluidsnorm	aandachtspunt, onderzoek verplicht binnen 300 m van geluidgevoelige objecten	niet van toepassing
overige hinder	aandachtspunt, onderzoek per project nodig	niet van toepassing

Overige effecten

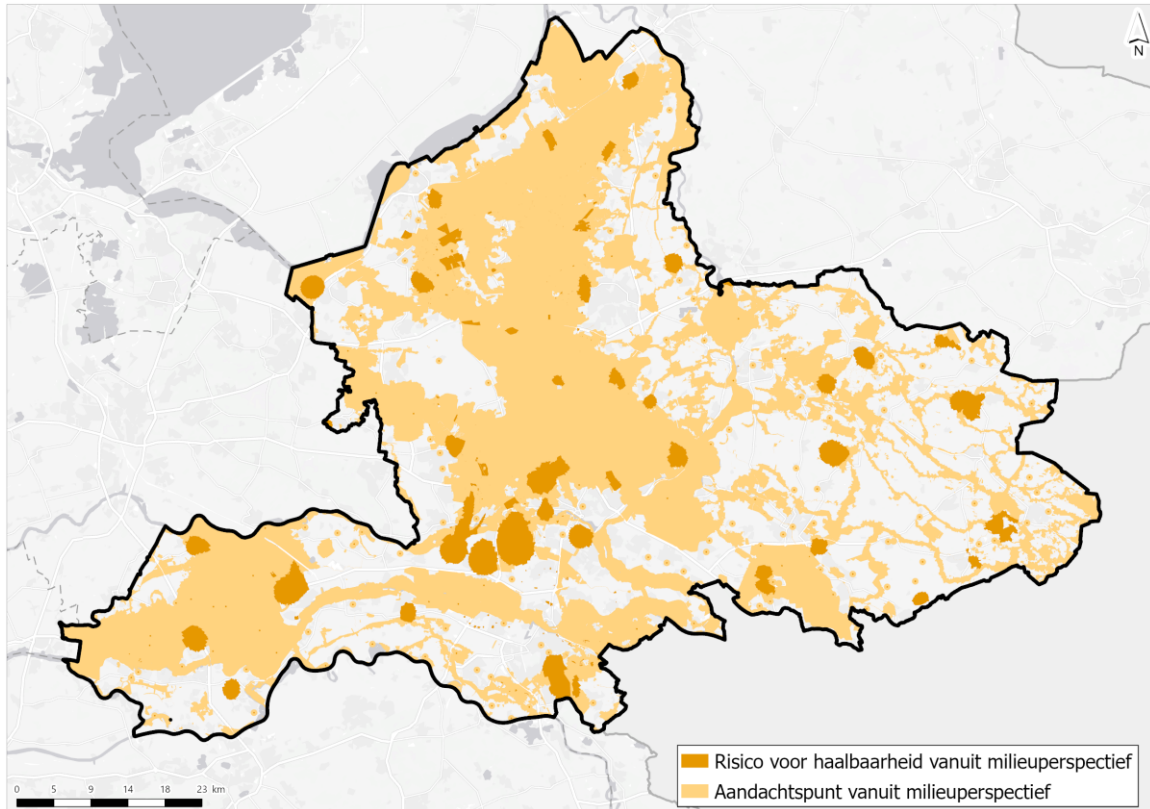
De bovengrondse geothermie-installatie (boortoren) dient **landschappelijk te worden ingepast** om impact op ruimtelijk-visuele kenmerken te beperken. De geothermiebronnen moeten zo dicht mogelijk bij de gebruikers worden gerealiseerd om warmteverlies tijdens transport te beperken. Daarmee zijn potentiële locaties beperkt tot gebieden in (indien mogelijk vanuit overige aspecten) of rondom (< 1,5 km) stedelijk- of glastuinbouwgebied. Vanuit landschappelijk perspectief geniet plaatsing nabij bestaande bebouwing de voorkeur. Hiermee worden ruimtelijk-visuele kenmerken van het landschap zo min mogelijk aangetast. Indien dit niet kan, moet de installatie landschappelijk worden ingepast. Mogelijk kan plaatsing van bomen rondom de installatie de boortoren uit het zicht houden en daarmee de zichthinder beperken. Hiervoor is maatwerk nodig.

Boorwerkzaamheden kunnen invloed hebben op de **bodemkwaliteit**, doordat het kan leiden tot verspreiding van bodemverontreiniging. Dit is vanuit de Wet bodembescherming verboden. Voor aanvraag van de vergunning en uitvoering van de werkzaamheden is bodemonderzoek noodzakelijk. Hiermee moet worden aangetoond dat geen sprake is van (een vermoeden van) bodemverontreinigingen. Indien de locatie verdacht is, dient aanvullend onderzoek te worden uitgevoerd. In geval van aangetoond verontreinigde locaties moeten saneringswerkzaamheden worden uitgevoerd. Daarom moet voorafgaand aan de werkzaamheden locatie-specifiek onderzoek uitgevoerd worden.

4.1.2 Aquathermie

Deze subparagraaf beschrijft de milieueffecten van aquathermie aan de hand van een overzicht van de effectbeoordelingen en daaropvolgend de effectbeschrijving van de verschillende milieuaspecten van

Afbeelding 4.2 Effectbeoordeling aquathermie (expert judgement)



Thermische energie uit oppervlaktewater kan effecten hebben op de oppervlaktewaterkwaliteit. Deze effecten komen door lozing van warm of koud water en zijn niet per definitie negatieve milieueffecten. De warmwaterlozingen dienen getoetst te worden aan de bestaande beoordelingssystematiek. Dit is niet beschikbaar voor de koudwaterlozingen. Per project dient daarom onderzoek plaats te vinden waarin de effecten op het oppervlaktewater worden aangetoond. Deze effecten zijn daarom aangeduid als aandachtspunt voor vervolgfases.

Effectbeschrijving

De effectbeoordeling en aandachtspunten van de vorige paragraaf wordt in deze paragraaf met een algemene effectbeschrijving per milieuaspect van aquathermie onderbouwd. In de onderstaande beoordeling zijn ook de effecten van aquathermie zonder WKO beschreven, in dit geval vindt er waterlozing plaats op bijvoorbeeld het oppervlakewater.

Effect van warmwaterlozing na koeling van gebouwen

Een warmwaterlozing heeft effecten op het watersysteem en op de oppervlaktewaterkwaliteit. Op hoofdlijnen gaat dit om:

- een sneller verloop van chemische reacties in het water;
- een verschuiving van chemische evenwichten;
- een snellere groei van organismen (bijvoorbeeld plankton en vegetatie);
- een snellere afbraak van organisch materiaal;
- een lagere oplosbaarheid van zuurstof in water;
- een toename van stroming, wat leidt tot een toename van opname van zuurstof uit de lucht. Voor stilstaande wateren kan dit een belangrijke verandering voor het watersysteem betekenen.

De aanpassing van de samenstelling, chemische eigenschappen, temperatuur en stroming van het oppervlaktewater heeft effect op organismen die in het water leven. Vissen zijn over het algemeen weinig tolerant voor hoge water temperaturen. De mogelijkheden voor vissen om te kunnen wegzwemmen uit de stroom van de warmwaterlozing is hierbij essentieel. In algemene zin leidt een warmwaterlozing niet tot directe vissterfte of ernstige effecten op het oppervlaktewater. De omvang van effecten verschilt met de omvang van het oppervlaktewater (diepte, oppervlakte), de reguliere temperatuur, de mate van menging van het warme water en het aanwezige water, de aanwezigheid van soorten en of het stromend water of stilstaand water betreft. Dit vraagt om een locatie-specifieke afweging conform de beoordelingssystematiek van HelpdeskWater voor warmwaterlozing.

Effect van koudwaterlozing na verwarming van gebouwen

Een lozing van koud water in warmer water heeft effecten op het watersysteem en de oppervlaktewaterkwaliteit. De exacte aard en omvang van deze effecten, met name voor grootschalige toepassing van TEO, wordt nog onderzocht. Voor koudwaterlozing is vooralsnog geen beoordelingssysteem beschikbaar. Wel heeft het kennisprogramma WarmingUp¹ de eerste monitoringseffecten in beeld gebracht. Op hoofdlijnen gaat dit om:

- een langzamer verloop van chemische reacties in het water;
- een verschuiving van chemische evenwichten;
- een langzamere groei van organismen (bijvoorbeeld plankton, algen en overige vegetatie);
- een langzamere afbraak van organisch materiaal. Dit heeft een positief effect op het zuurstofgehalte;
- een hogere oplosbaarheid van zuurstof in water;
- een toename van stroming, wat leidt tot een toename van opname van zuurstof uit de lucht. Voor stilstaande wateren kan dit een belangrijke verandering voor het watersysteem betekenen.

Net als bij de lozing van warm water verschilt de omvang van de effecten met de kenmerken van het oppervlaktewater en de aard van de lozing. Dit vraagt om een locatie-specifiek onderzoek om aan te tonen dat de milieueffecten beperkt zijn. Hierbij kan geen gebruik worden gemaakt van bestaand beoordelingssysteem omdat deze vooralsnog niet bestaat.

In de zomermaanden kan het lozen van koud water op warm oppervlaktewater een positief effect hebben. Zo wordt algengroei (blauwalg) geremd en wordt bacterievorming met ernstige gevolgen voor mensen geremd (botulisme). Daarnaast kan lozing van koud water de temperatuur van het oppervlaktewater verlagen, wat in stedelijk gebied helpt om hittestress tegen te gaan. Tot slot kan in sommige gevallen stilstaand water in beweging worden gebracht. Dit heeft, met name in de zomermaanden, een positief effect op algengroei en de kwaliteit van het oppervlaktewater.

Overige milieueffecten

Voor TEO in combinatie met een OBES geldt dat realisatie in **Natura 2000-gebieden** een aandachtspunt vormt vanuit milieuperspectief. Het verschil met geothermie zit in de aard en omvang van de ingreep. Bij de aanleg van een OBES zijn weliswaar bodemingrepen nodig, echter is de bovengrondse installatie zeer klein in omvang. Daardoor zijn effecten mogelijk beperkt, en vormt het op voorhand niet een direct risico voor de haalbaarheid. Nader onderzoek is nodig om dit te bevestigen. Realisatie van TEO in GNN-gebieden is onder voorwaarden mogelijk haalbaar, omdat hier de 'nee-tenzij'-voorwaarde op van toepassing is. Nader onderzoek moet uitwijzen of de milieueffecten op deze gebieden (ruimtebeslag en/of verstoring) vanwege de beperkte omvang van een aquathermieinstallatie dusdanig beperkt zijn, dat realisatie in deze gebieden mogelijk is. GNN-gebieden zijn daarom als negatief (-) beoordeeld en worden bij voorkeur vermeden. Realisatie in weidevogelgebieden en stiltegebieden wordt bij voorkeur vermeden (-) omdat dit vanuit beleid niet is toegestaan. Ook hiervoor is nader onderzoek nodig om de project specifieke milieueffecten in kaart te brengen.

¹ Monitoringplan Ecologische Effecten Thermische Energie Oppervlaktewater (2020). Deltares, uitgevoerd onder WarmingUp.

Verwachting ontwikkelingen aquathermie in natuurgebieden

Vanuit beleid zijn ontwikkelingen binnen GNN-gebieden, weidevogelgebieden en stiltegebieden niet toegestaan, tenzij kan worden aangetoond dat geen sprake is van aantasting van de kernkwaliteiten van deze gebieden. Hierbij is tevens een compensatieregeling van toepassing. Bij grote ontwikkelingen of bouwwerken wordt deze ontheffing niet zonder meer verleend. Een aquathermie-installatie is echter van beperkte omvang, namelijk enkele vierkante meters met een beperkte impact op openheid en beperkte verstoring van het gebied. Dit maakt dat de ontheffing voor de aquathermie-installatie naar verwachting relatief eenvoudig wordt afgegeven, mits voldaan wordt aan de (beperkte) compensatieopgave en voorwaarden.

Hierbij dient in beschouwing genomen te worden dat een aquathermie-installatie een leidingsysteem nodig heeft om de warmte- en koude te transporteren naar de afnamelocatie. Dit leidingsysteem is in de praktijk van beperkte lengte vanwege de warmtetransportverliezen. Dit maakt dat de ontwikkeling van een aquathermiesysteem te midden van een natuurgebied -op ruime afstand van woningen of woonwijken- geen realistische verwachting is. Ontwikkeling aan de rand van deze gebieden -dichterbij woningen of andere afnemers- ligt meer voor de hand. Realisatie aan de rand van deze gebieden draagt bij aan het beperkt veroorzaken van milieueffecten op de natuurgebieden, wat de kans op het verkrijgen van de benodigde ontheffing ten goede komt.

TEO vereist een installatie van enkele vierkante meters met een hoogte van circa 2-2,5 m (vergelijkbaar met een transformatorhuisje in stedelijk gebied). Dit maakt dat aantasting van de **cultuurhistorische waarden** vanuit zichtbeleving naar verwachting beperkt is. Realisatie in gebieden die zijn aangeduid als cultuurhistorische waardevol gebied, zoals de Cultuurhistorische Kroonjuwelen of biotopen, is daarom op voorhand niet uitgesloten en onder voorwaarden mogelijk haalbaar. Daarom moet nader onderzoek op projectniveau uitwijzen of realisatie binnen cultuurhistorisch waardevolle gebieden haalbaar is. Omdat de haalbaarheid gebonden is aan voorwaarden uit beleid, worden de cultuurhistorische gebieden dit plan-MER als aandachtspunt vanuit milieuperspectief aangemerkt (-).

Aantasting van **archeologische monumenten** is op grond van wet- en regelgeving niet toegestaan. Deze locaties zijn daarom naar verwachting niet haalbaar (--). Nadere positionering van de installaties biedt mogelijk uitkomst om de archeologische monumenten te vermijden. Nader onderzoek per project moet uitwijzen of realisatie mogelijk is zonder de archeologische monumenten aan te tasten of te vernietigen.

Ruimtebeslag in **waterwingebieden** en **grondwaterbeschermingszones** is niet toegestaan omdat dit onderzoek uitgaat van TEO in combinatie met OBES. Hiervoor zijn boorwerkzaamheden noodzakelijk, wat niet is toegestaan binnen deze gebieden.

4.1.3 Groen gas en biomassa

Deze subparagraaf beschrijft de milieueffecten van groen gas (inclusief waterstof) en biomassa op hoofdlijnen aan de hand van een overzicht van de effectbeoordelingen en daaropvolgend de effectbeschrijving van de verschillende milieuaspecten van groen gas en biomassa. De effecten van groen gas zijn tevens van toepassing op waterstof. Beide maken gebruik van een centrale en het bestaande aardgasnetwerk.

Overzicht milieueffecten groen gas en biomassa

Tabel 4.13 laat het overzicht van effectbeoordelingen van groen gas en biomassa zien, op basis van expert judgement.

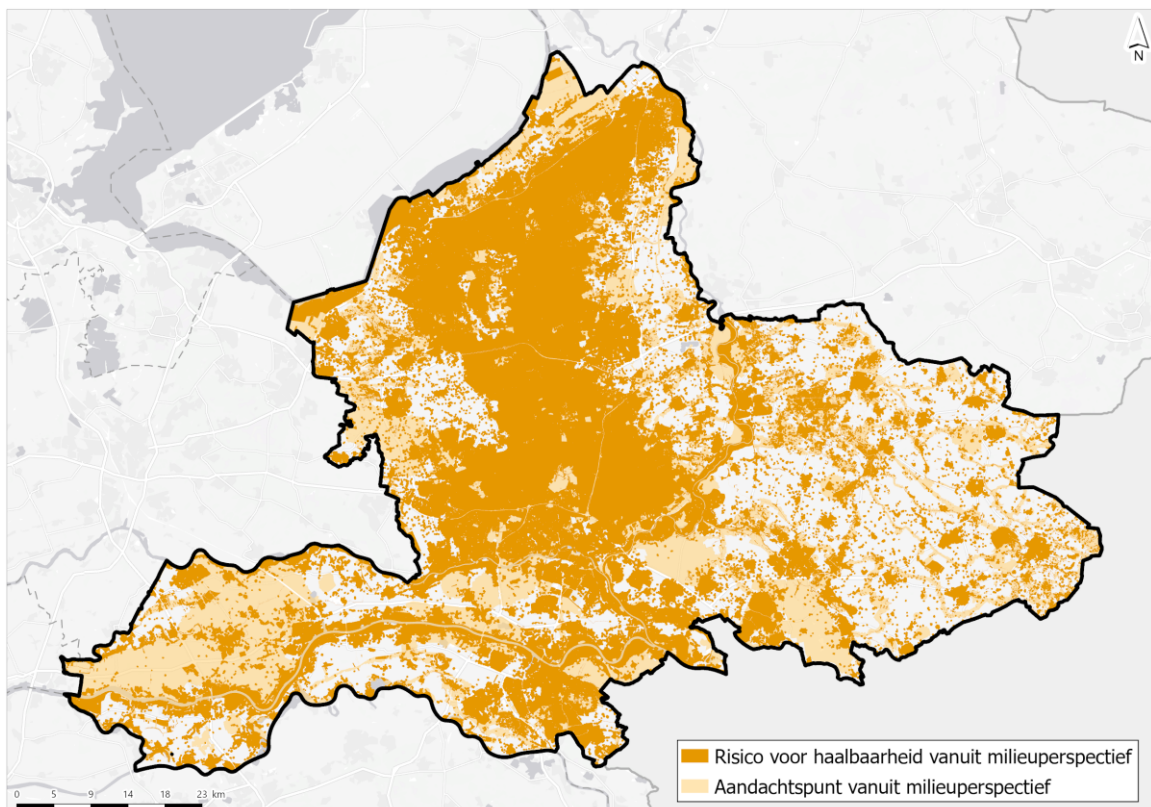
Tabel 4.13 Effectbeoordeling groen gas en biomassa (expert judgement)

Aspect	Effectbeoordeling	Oordeel t.o.v. referentiesituatie
invloed op waterwingebieden	--	risico
invloed op grondwaterbeschermingszones, boringvrije zones en (minder) kwetsbare drinkwaterreservingsgebieden	-	aandachtspunt
ruimtebeslag in Natura 2000- en GNN-gebieden	--	risico
ruimtebeslag in overige beschermde gebieden (weidevogelgebieden, ganzenrustgebieden en GO)	-	aandachtspunt
effecten op archeologische monumenten (AMK categorie 'Terrein van zeer hoge archeologische waarde, beschermd')	--	risico
effecten op beschermde cultuurhistorische waarden*	--	risico
invloed op geurhinder, geluidhinder, stof en externe veiligheid (100 m tot kwetsbare objecten)	--	risico

* Voor molenbiotopen geldt dat binnen 100 m rondom de molen geen bouwwerken zijn toegestaan (--). In een zone tussen 100 en 400 m rondom de molenbiotoop zijn bouwwerken enkel onder voorwaarden (gerelateerd aan hoogtebeperkingen) mogelijk (zie ook bijlage VII). Deze zone is daarom als 'aandachtspunt (-)'.

Afbeelding 4.3 laat de effectbeoordeling voor groen gas en biomassa zien die volgt uit Tabel 4.13 en de beschreven analyse.

Afbeelding 4.3 Effectbeoordeling groen gas en biomassa (expert judgement)



Het voornaamste aandachtspunt voor groen gas en biomassa is de stikstofdepositie. In tegenstelling tot andere beschreven technieken leiden bio-energie-installaties niet alleen tijdens de aanleg-, maar ook tijdens de gebruiksfase bij verbranding tot stikstofdepositie. Dit is een risico voor de vergunbaarheid vanuit de Wet natuurbescherming. Daarom moet per project worden aangetoond dat het project voldoet aan de eisen uit de Wet natuurbescherming.

Effectbeschrijving

De effectbeoordeling en aandachtspunten van de vorige paragraaf wordt in deze paragraaf met een algemene effectbeschrijving per milieuaspect van groen gas en biomassa onderbouwd.

Bij de verbranding van biomassa of biogas voor de productie van warmte komt stikstof vrij. Dit kan leiden tot **stikstofdepositie op beschermde natuurgebieden**, wat niet is toegestaan. Gezien de ligging van Natura 2000- en GNN-gebieden in de provincie Gelderland, is stikstofdepositie op beschermde natuurgebieden te verwachten.

Voor bio-energie-installaties gelden strenge emissienormen voor de uitstoot van stikstof en andere luchtverontreinigende stoffen. Deze emissienormen zijn vastgelegd in het (nu inactieve) Activiteitenbesluit. Per project dient getoetst te worden aan de dan geldende normen. Daarnaast dient te worden aangetoond dat het project niet leidt tot effecten op de instandhoudingsdoelstellingen van Natura 2000-gebieden in en buiten de provincie Gelderland als gevolg van stikstofdepositie. De stikstofdepositie is hiermee een aandachtspunt voor de mogelijke vervolgfases.

Naast stikstofdepositie, is **ruimtebeslag in Natura 2000- en GNN-gebieden** vanuit geldende wetgeving niet toegestaan. **Ruimtebeslag in overige natuurgebieden** vormt een aandachtspunt op grond van het geldende beleid. Tot slot worden **effecten op beschermde soorten** verwacht door verstoring tijdens de aanleg- en gebruiksfase. De effecten op hoofdlijnen zijn te vergelijken met geothermie. tabel 4.14 laat de concluderende tabel zien voor de effecten van groen gas en biomassa op natuur. Ook hiervoor geldt dat het niet waarschijnlijk is dat een groen gas of biomassacentrale in een natuurgebied gerealiseerd wordt, vanwege de milieueffecten en de afstand tussen vraag en aanbod.

Tabel 4.14 Overzicht effecten groen gas en biomassa op natuur (expert judgement)

Aspect	Aandachtspunt of beoordeling?	Effectbeoordeling
stikstofdepositie op beschermde natuurgebieden	aandachtspunt, effecten per project onderzoeken	niet van toepassing
ruimtebeslag in Natura 2000- en GNN-gebieden	effectbeoordeling, strijdig met wetgeving	--
ruimtebeslag in overige beschermde gebieden	effectbeoordeling, strijdig met beleid	-
effecten op beschermde soorten	aandachtspunt, effecten per project onderzoeken	niet van toepassing

Invloed op geurhinder, geluidhinder, stof en externe veiligheid

Bij het verbranden, vergisten en vergassen van biomassa kan sprake zijn van geuremissie, geluidbelasting en emissie van stof. De geuren en stoffen komen vrij bij het verbrandings-, vergistings- of vergassingsproces van de biomassa. Daarnaast produceert de inrichting geluid, wat hinder kan veroorzaken op omliggende geluidsgevoelige objecten.

Daarom heeft de Handreiking bedrijven en Milieuzonering richtafstanden bepaald waar bij plaatsing van een bio-energie-installatie voor de productie van groen gas en biomassa aan voldaan moet worden. Bij het aanhouden van deze richtafstanden, zorgt een benodigde bio-energie-installatie in principe niet voor aantasting van de ruimtelijke ordening of het veroorzaken van hinder. tabel 4.15 laat de van toepassing zijnde richtafstanden zien.

Tabel 4.15 Richtafstanden bio-energieinstallaties (bron: Handreiking bedrijven en Milieuzonering, 2009)

Omschrijving	Afstand					Categorie
	geur	stof	geluid	gevaar	grootste afstand	
bio-energieinstallaties elektrisch vermogen < 50 MWe:						
- covergisting, verbranding en vergassing van mest, slib, GFT en reststromen voedingsindustrie	100	50	100	30	100	3,6
- vergisting, verbranding en vergassing van overige biomassa	50	50	100	30	100	3,6

Deze afstanden zijn van toepassing op het gebiedstype 'rustige woonwijk', waarvoor strengere richtafstanden gelden dan bijvoorbeeld het gebiedstype 'gemengd gebied' of 'industrieterrein'. Indien een installatie geplaatst wordt bij een 'gemengd gebied' (een dorpskern met gemengde functies) kunnen de richtafstanden met één afstandsstep verkleind worden. Dit betekent dat de afstanden veranderen van 100 naar 50, van 50 naar 30, van 30 naar 10 en van 10 naar 0.

Per project dient nader onderzoek plaats te vinden naar de milieueffecten van de voorziene installatie en de van toepassing zijnde richtafstanden op de voorziene locatie. Dit plan-MER gaat uit van de worst-case situatie, waardoor hier rekening is gehouden met een richtafstand van 100 m tot woningen.

Tabel 4.16 Effect groen gas en biomassa op geurhinder, geluidhinder, stof en externe veiligheid

Aspect	Aandachtspunt of beoordeling?	Effectbeoordeling
invloed op geurhinder, geluidhinder, stof en externe veiligheid (100 m tot woningen in 'rustige woonwijk')	effectbeoordeling, strijdig met richtafstanden VNG	--*

* Enkel gebieden in een zone van 100 m rondom kwetsbare objecten zijn als niet haalbaar beoordeeld.

Overige milieueffecten

Realisatie van een centrale voor groen gas, waterstof of biomassa is vanuit milieuperspectief niet haalbaar in waterwingebieden. Grondroerende werkzaamheden zijn in die gebieden niet toegestaan. In grondwaterbeschermingszones gelden minder strenge voorwaarden, waardoor ruimtebeslag in deze gebieden bij voorkeur vermeden wordt. Daarnaast is aantasting van beschermde cultuurhistorische waarden en archeologische monumenten niet toegestaan. Voor de effectbeschrijvingen wordt verwezen naar de beschrijving onder geothermie. Hetzelfde geldt voor landschappelijke effecten, voorkomend uit het feit dat er een installatie gebouwd moet worden. Deze zijn op voorhand niet in te schatten op het detailniveau van de provincie Gelderland, maar moeten beschouwd worden bij een eventuele uitwerking op projectniveau.

4.2 Effectanalyse warmteopslag

In deze paragraaf staat de effectbeoordeling voor de warmteopslag technieken, waarbij alleen de effecten zijn beoordeeld in gebieden die een aandachtspunt vormen vanuit milieuperspectief (-) of een risico vormen voor de haalbaarheid vanuit milieuperspectief (--). De effectbeoordeling betreft een eerste inschatting van de haalbaarheid, op basis van expert judgement. Per project dient nader onderzoek plaats te vinden naar de project specifieke milieueffecten.

4.2.1 OBES

Overzicht milieueffecten OBES

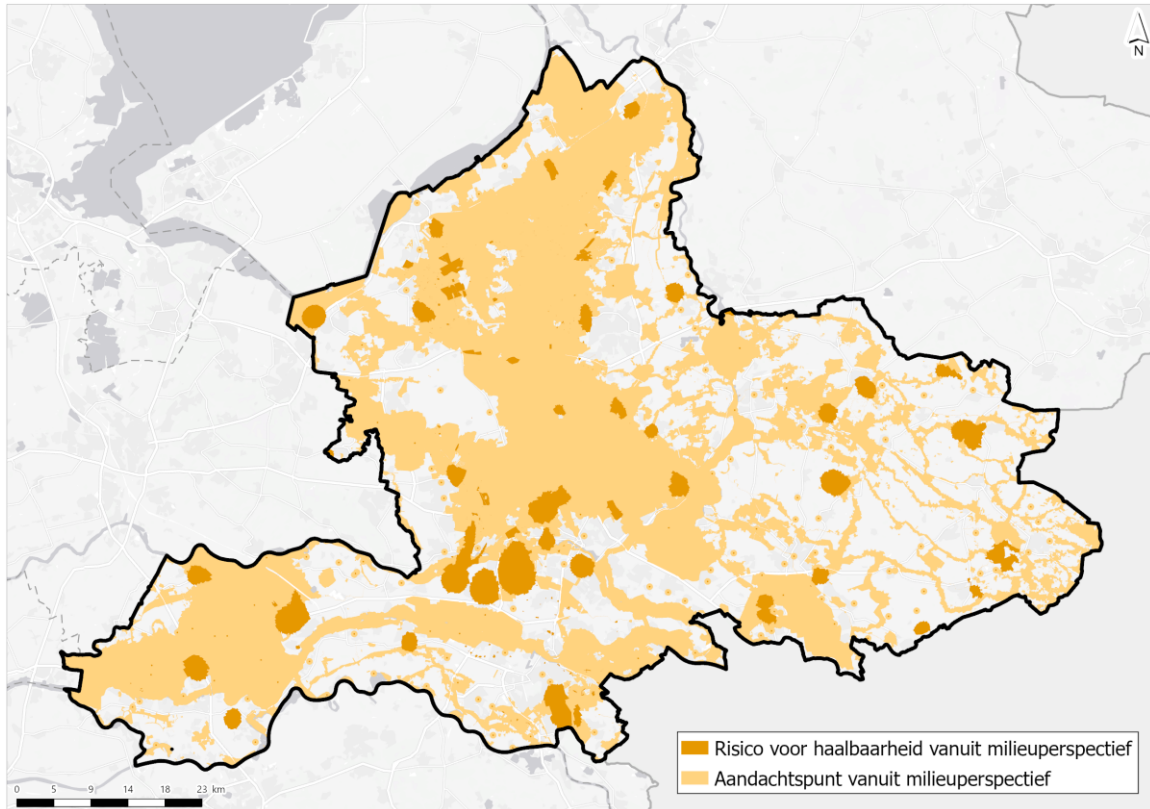
tabel 4.17 laat het overzicht van effectbeoordelingen van OBES zien. Deze komt grotendeels overeen met de effectbeoordeling voor geothermie. De effecten zijn alleen beoordeeld in gebieden die aandachtspunten vormen vanuit milieu (-) en een risico vormen voor de haalbaarheid vanuit milieuperspectief (--). De effectbeoordeling betreft een eerste inschatting van de haalbaarheid, op basis van expert judgement. Per project dient nader onderzoek plaats te vinden naar de project specifieke milieueffecten.

Tabel 4.17 Effectbeoordeling OBES (expert judgement)

Aspect	Effectbeoordeling	Oordeel t.o.v. de referentiesituatie
invloed op waterwingebieden	--	risico
invloed op grondwaterbeschermingszones en boringvrije zones	--	risico
invloed op (minder) kwetsbare drinkwaterreservingsgebieden	-	aandachtspunt
ruimtebeslag in Natura 2000-gebieden	-	aandachtspunt
ruimtebeslag in GNN-gebieden	-	aandachtspunt
ruimtebeslag in overige beschermde gebieden (weidevogelgebieden, ganzenrustgebieden en GO)	-	aandachtspunt
effecten op archeologische monumenten (AMK categorie 'Terrein van zeer hoge archeologische waarde, beschermd')	--	risico
effecten op beschermde cultuurhistorische waarden*	-	aandachtspunt

* Voor molenbiotopen geldt dat binnen 100 m rondom de molen geen bouwwerken zijn toegestaan (--). In een zone tussen 100 en 400 m rondom de molenbiotoop zijn bouwwerken enkel onder voorwaarden (gerelateerd aan hoogtebeperkingen) mogelijk (zie ook bijlage VII). Deze zone is daarom als 'aandachtspunt (-)'.
 afbeelding 4.4 laat de effectbeoordeling voor OBES zien die volgt uit tabel 4.17 en de beschreven analyse.

Afbeelding 4.4 Effectbeoordeling OBES (expert judgement)



De aandachtspunten voor de vervolgfases voor projecten met OBES zijn vergelijkbaar met de aandachtspunten voor geothermie. Daarom wordt voor de aandachtspunten voor open OBES verwezen naar tabel 4.2.

Effectbeschrijving

De effectbeoordeling en aandachtspunten van de vorige paragraaf wordt in deze paragraaf met een algemene effectbeschrijving per milieuaspect van OBES onderbouwd.

Onttrekking en lozing van water bij gebruik van OBES-systemen

Een OBES **onttrekt water uit het watervoerend pakket** in de ondergrond. Hierbij wordt opgewarmd of afgekoeld water na gebruik terug in de bodem gebracht. Dit kan onder andere leiden tot inbreng of verspreiding van horizontale of verticale verontreinigingen van het grondwater of de bodem. Verspreiding van bodemverontreinigingen is niet toegestaan. Daarom dient per project bodemonderzoek plaats te vinden om vast te stellen of er sprake is van een bodemverontreiniging.

Daarnaast kan het onttrekken van grondwater bijdragen aan de grondwaterkwantiteit. Dit kan invloed hebben op het grondwaterpeil in gebieden die gebruikt worden voor drinkwaterwinning of landbouwgebruik. Daarom dient onttrekking van grondwater te voldoen aan de vergunningseisen van de Waterwet en het Wijzigingsbesluit bodemenergiesystemen. Hierbij worden onder andere voorschriften gesteld aan de retourtemperatuur en energiebalans. Per project moet dit worden aangetoond.

Bij de aanleg van een OBES-systeem worden putten in de bodem geboord. Er dient **lozing van het vrijkomende water** plaats te vinden. Dit wat kan boorspoeladditieven bevatten veelal veelal bentoniet en polymeren. Bentoniet is een soort zeer fijne klei. Hierdoor veroorzaakt het vertroebeling. De polymeren zijn goed biologisch afbreekbaar. De bronnen worden zand- en slibvrij gemaakt door spoeling met grondwater.

Hierbij komt veel water vrij (circa 1,5 maal het ontwerpdebiet van de bron, ongeveer 400-1.000 m³/uur¹). Een OBES wordt regelmatig onderhouden en vrijgemaakt van zand en slib. Hiervoor worden de bronnen regelmatig (circa halfjaarlijks) gespoeld met grondwater om de bodemdeeltjes uit het systeem te verwijderen. Hierbij wordt veel afvalwater geproduceerd. De Handreiking lozings bij aanleg van onderhoud van bodemenergiesystemen bevat een voorkeursvolgorde voor het lozen van het afvalwater tijdens de aanleg- en onderhoudsfase. De Handreiking gaat dieper in op de effecten per lozingsmogelijkheid. tabel 4.18 laat de voorkeursvolgorde zien.

Tabel 4.18 Voorkeursvolgorde lozing afvalwater (bron: Handreiking lozings bij bodemenergie-installaties)

Type afvalwater	Kenmerken	Voorkeursvolgorde lozing
spoelwater ten gevolge van de aanleg van een bodemenergiesysteem	<ul style="list-style-type: none"> - water met bentoniet en polymeren - relatief kleine hoeveelheid - eenmalig 	<ol style="list-style-type: none"> 1 vuilwaterriool 2 op de bodem 3 overige routes
spoelwater ten gevolge van ontwikkelen en onderhoud van een open bodemenergiesysteem	<ul style="list-style-type: none"> - grondwater, zoals lokaal aanwezig - grote hoeveelheden - herhaaldelijk in de gebruiksfase 	<ol style="list-style-type: none"> 1 in de bodem 2 oppervlaktewater 3 schoonwaterriool 4 vuilwaterriool 5 externe verwerker

Het afvalwater is in beginsel schoon grondwater. In enkele gevallen bevat het grondwater verontreinigingen of bijvoorbeeld een hoog zoutgehalte. Dit maakt dat het grondwater niet teruggebracht mag worden in het watervoerend pakket of op het oppervlaktewater. In alle gevallen geldt dat de lozing van het grondwater in de bodem of op het oppervlaktewater moet worden getoetst aan de voorschriften en procedures uit Waterwet.

Tabel 4.19 vat de invloed van OBES op onttrekking en lozing van water samen. Omdat beide milieueffecten niet leiden tot strijdigheden met wetgeving en/of beleid, is geen effectbeoordeling toegepast. Wel vormen bovengenoemde milieueffecten aandachtspunten voor de vervolgfase van de mogelijke projecten.

Tabel 4.19 Invloed van OBES op onttrekking en lozing van water

Aspect	Aandachtspunt of beoordeling?	Effectbeoordeling
onttrekking van water bij gebruik van OBES	aandachtspunt, effecten per project onderzoeken	niet van toepassing
lozing van water bij aanleg en gebruik van OBES	aandachtspunt, effecten per project onderzoeken	niet van toepassing

Overige milieueffecten

De overige milieueffecten van OBES komen overeen met de milieueffecten die zijn beschreven onder 'overige milieueffecten'. Samengevat betekent dit dat activiteiten in waterwingebieden en grondwaterbeschermingszones op grond van wet- en regelgeving niet is toegestaan (--). Ook is aantasting van archeologische monumenten niet toegestaan. Hiervoor dient per project onderzoek plaats te vinden waaruit blijkt of effecten door nadere positionering te vermijden zijn.

Realisatie van OBES in natuurgebieden vormt een aandachtspunt vanuit milieuperspectief (-). Vanwege de beperkte omvang van de installatie, zijn effecten door bijvoorbeeld ruimtebeslag naar verwachting beperkt.

¹ Infomil. Via: <https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/handboek-water/activiteiten/grondwater-ander/bodemenergiesystemen/open-systemen/>.

Voor de natuurgebieden geldt dat nader onderzoek moet uitwijzen of de milieueffecten op deze gebieden (ruimtebeslag en/of verstoring) dusdanig beperkt zijn, dat realisatie in deze gebieden inderdaad mogelijk is.

4.2.2 Ondergrondse warmteopslag

Overzicht milieueffecten ondergrondse warmteopslag

tabel 4.20 laat de effectbeoordeling voor ondergrondse warmteopslag zien, op basis van expert judgement.

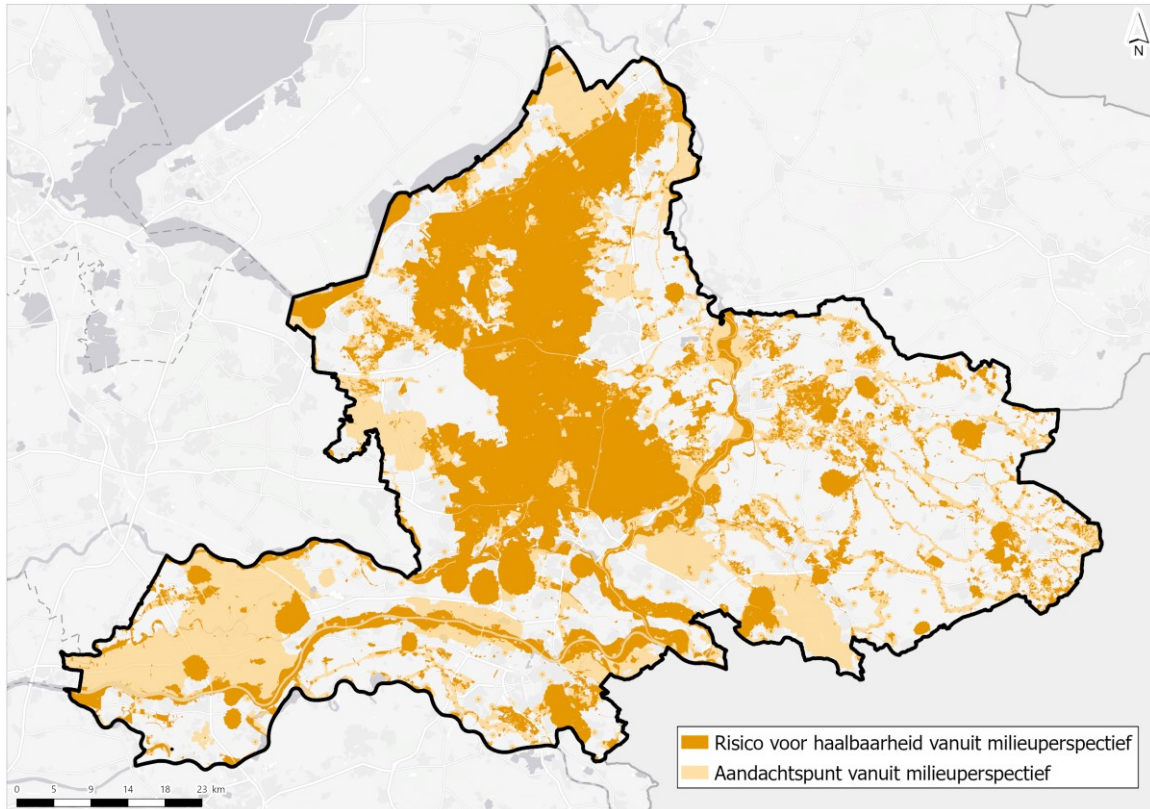
Tabel 4.20 Effectbeoordeling ondergrondse warmteopslag (expert judgement)

Aspect	Effectbeoordeling	Oordeel t.o.v. de referentiesituatie
invloed op waterwingebieden	--	risico
invloed op grondwaterbeschermingszones en boringvrije zones	--	risico
invloed op (minder) kwetsbare drinkwaterreservingsgebieden	-	aandachtspunt
ruimtebeslag in Natura 2000- en GNN-gebieden	--	risico
ruimtebeslag in overige beschermde gebieden (weidevogelgebieden, ganzenrustgebieden en GO)	-	aandachtspunt
effecten op archeologische monumenten (AMK categorie 'Terrein van zeer hoge archeologische waarde, beschermd')	--	risico
effecten op beschermde cultuurhistorische waarden*	--	risico

* Voor molenbiotopen geldt dat binnen 100 m rondom de molen geen bouwwerken zijn toegestaan (--). In een zone tussen 100 en 400 m rondom de molenbiotoop zijn bouwwerken enkel onder voorwaarden (gerelateerd aan hoogtebeperkingen) mogelijk (zie ook bijlage VII). Deze zone is daarom als 'aandachtspunt (-).

afbeelding 4.5 laat de effectbeoordeling voor ondergrondse warmteopslag zien die volgt uit tabel 4.20 en de beschreven analyse.

Afbeelding 4.5 Effectbeoordeling ondergrondse warmteopslag (expert judgement)



Voor de ondergrondse opslag in de vorm van thermische putten geldt dat ruimtebeslag een aandachtspunt is. Dit maakt dat projecten complex en in sommige gevallen onhaalbaar zijn. Daarnaast zijn de effecten op ruimtelijk visuele kenmerken een aandachtspunt. Voor overige effecten wordt verwezen naar de aandachtspunten zoals uiteengezet onder geothermie (zie tabel 4.2).

Effectbeschrijving

Effecten op de bodem

De aanleg van een thermische put gaat gepaard met grondverzet, waarvan de omvang varieert met de diepte en oppervlakte van de warmteopslag. Het grondverzet heeft effect op de opbouw en stabiliteit van de bodem. Door het weggraven van de bodemlagen (tot dieptes van 10-15 m) wordt de bodemopbouw permanent aangetast. Het weggraven van, met name, veengronden kan leiden tot instabiliteit van de (omliggende) bodem. Hierdoor kan de bodem in beweging komen met alle gevolgen van dien. Ook kan het ingraven van een thermische put in veengronden leiden tot zettingen. Veengronden zijn namelijk gevoelig voor inklinking (zie ook 3.1.1). Realisatie van thermische put in klei en zandgronden leidt tot minder effecten op zettingen, al is per project onderzoek nodig om dit uit te sluiten. Mogelijk is extra fundering of versteviging van de wanden nodig om zettingen of verschuivingen te voorkomen.

Voor de effecten van HTO op de bodemopbouw wordt verwezen naar de effectbeschrijvingen onder geothermie (paragraaf 4.1.1) en OBES (paragraaf 4.2.1). HTO reikt tot een diepte van enkele honderden meters, waardoor de stabiliteit kan worden aangetast en de bodemopbouw lokaal wordt verstoord. Ook hier is per project onderzoek nodig om effecten uit te sluiten en kan, met name op veengronden, fundering van de boortorens nodig zijn.

Omdat beide milieueffecten niet leiden tot strijdigheden met wetgeving en/of beleid, is geen effectbeoordeling toegepast. Wel vormen bovengenoemde milieueffecten aandachtspunten voor de vervolgfase van de mogelijke projecten.

Effecten op het grondwater

De aanleg van een thermische put moet in den droge gebeuren. Afhankelijk van de grondwaterstand is hiervoor (grootschalige) bemaling nodig. Op locaties waarbij het grondwater niveau vlak onder het maaiveld, kan de aanleg van een thermische put hier (zeer) complex kan zijn¹. Dit omdat de hoeveelheid weg te pompen grondwater te groot is en de druk van het omliggende grondwater op de thermische put te groot blijft. Bij een kleinschalige thermische put kan bemaling wel toereikend zijn. Hier kan bemaling leiden tot aantasting van het grondwaterpeil met een reikwijdte van honderden ms. Dit kan effecten hebben op natuur en landbouwactiviteiten (zie ook deel B van dit plan-MER). Per project moet onderzoek plaatsvinden om de grondwaterstand te bepalen, de haalbaarheid van bemalingsactiviteiten te bepalen en de effecten van de benodigde bemaling in kaart te brengen.

De boorwerkzaamheden voor HTO kunnen leiden tot verplaatsing van (diep) grondwater. Dit omdat scheidende kleilagen doorboord kunnen worden, waardoor grondwater zich verticaal en horizontaal kan verplaatsen. Dit kan effect hebben op de grondwaterkwantiteit en -kwaliteit, zie ook 4.1.1. Dit vormt een aandachtspunt waarvan de effecten per project moeten worden onderzocht.

Beide opslagtechnieken zijn vanuit wetgeving niet haalbaar in waterwingebieden en grondwaterbeschermingszones. Dit omdat graaf- en booractiviteiten hier niet zijn toegestaan en de opslagtechnieken in de gebruiksfase naar verwachting leiden tot aantasting van de kwantiteit en kwaliteit van het grondwater in deze gebieden. Ruimtebeslag in waterwingebieden en grondwaterbeschermingszones is daarom als sterk negatief (--) beoordeeld in tabel 4.20 aan het begin van deze paragraaf.

Effecten op het landschap

Een thermische put kan effecten hebben op de ruimtelijk visuele kenmerken van het landschap, omdat een thermische put niet volledig wordt ingegraven, maar een deel van de thermische put bovengronds ligt. Een thermische put komt niet ver boven het maaiveld uit. Dit maakt dat de thermische put op sommige locaties landschappelijk ingepast kan worden met, bijvoorbeeld, plaatsing van bomen. Hiermee raakt de thermische put uit het directe zicht. Dit is niet overal mogelijk. Met name in gebieden met grootschalige openheid of kleinschaligheid leidt een thermische put tot aantasting van de landschappelijke waarden. Per project moet daarom in kaart worden gebracht wat de effecten zijn op de ruimtelijk visuele kenmerken van het gebied.

De mogelijke landschappelijke effecten van een HTO worden veroorzaakt door de aanwezige boortoren. De effecten hiervan zijn beperkt, al is inpassing nabij bestaande (industriële) bebouwing gewenst. De effecten van HTO zijn daarmee vergelijkbaar met de effecten van geothermie, zie paragraaf 4.1.1.

Omdat de milieueffecten voor beide opslagtechnieken sterk samenhangen met de omvang van de warmteopslag en de landschappelijke waarde ter plaatse, is geen effectbeoordeling toegepast. Dit zou een over- of onderschatting van milieueffecten kunnen veroorzaken. Wel vormen bovengenoemde milieueffecten aandachtspunten voor de vervolgfase van de mogelijke projecten.

Effecten op toekomstig ruimtegebruik

Een thermische put kan een behoorlijk oppervlak beslaan. De oppervlakte varieert tussen enkele tientallen vierkante meters tot meerder hectares. Op deze locaties zijn geen andere gebruiksfuncties mogelijk. Een thermische put heeft daarmee een groot effect op toekomstige gebruiksfuncties. In Nederland, en ook de provincie Gelderland, is ruimte schaars. Inpassing van een thermische put met een dergelijke oppervlakte is daarmee complex en in sommige gevallen zelfs onhaalbaar. Zo is realisatie in stedelijk gebied veelal onhaalbaar en belemmert realisatie nabij stedelijk gebied de uitbreidingsmogelijkheden van steden en dorpen. Realisatie ver van stedelijk gebied biedt meer kansen, maar is vanwege de transportafstand en bijbehorende warmteverliezen niet altijd haalbaar en rendabel. Dit betekent dat voor elk project onderzoek moet plaatsvinden om de effecten van een thermische warmteput (en de omvang daarvan) op het toekomstig ruimtegebruik in kaart te brengen. De effecten op toekomstig ruimtegebruik zijn niet beoordeeld en gelden als aandachtspunt voor de mogelijk vervolgfases, zie ook 'effecten op het landschap'.

Voor HTO wordt verwezen naar de effectanalyse voor geothermie en OBES.

¹ CE Delft (2020), Marktonderzoek thermische opslagsystemen. Via: <https://www.invest-nl.nl/media/attachment/id/941>.

Overige effecten

Naast bovenstaande milieueffecten, heeft een thermische put effecten op natuur, archeologie en cultuurhistorie. Voor Natuur geldt dat ruimtebeslag in Natura 2000- en GNN-gebieden een risico vormt voor de haalbaarheid. Vanuit wetgeving is dit niet toegestaan. Bovendien vraagt een thermische put om een groot ruimtebeslag (soms tot meerdere hectares), waarmee de haalbaarheid in deze gebieden zo goed als uitgesloten is. Ruimtebeslag in overige beschermde gebieden wordt bij voorkeur vermeden, waarbij geldt dat de haalbaarheid afneemt naarmate het ruimtebeslag van de thermische put toeneemt. Daarnaast is aantasting van archeologische monumenten niet toegestaan en moeten beschermde cultuurhistorische waarden vermeden worden. Deze objecten en gebieden zijn dan ook als niet haalbaar aangeduid. Voor een effectbeschrijving op deze criteria wordt verwezen naar de effectbeschrijving onder 4.1. Gezien het grote ruimtebeslag van thermische putten is de trefkans van bodemverontreinigingen en archeologische waarden relatief groot. Daarom moet per project worden onderzocht of en in welke mate bodemverontreinigingen en archeologische waarden aanwezig zijn, zie ook paragraaf 4.1.

Voor HTO zijn de overige effecten vergelijkbaar met de effecten van geothermie.

4.2.3 Bovengrondse warmteopslag

Overzicht milieueffecten bovengrondse warmteopslag

tabel 4.21 laat de effectbeoordeling voor bovengrondse warmteopslag zien.

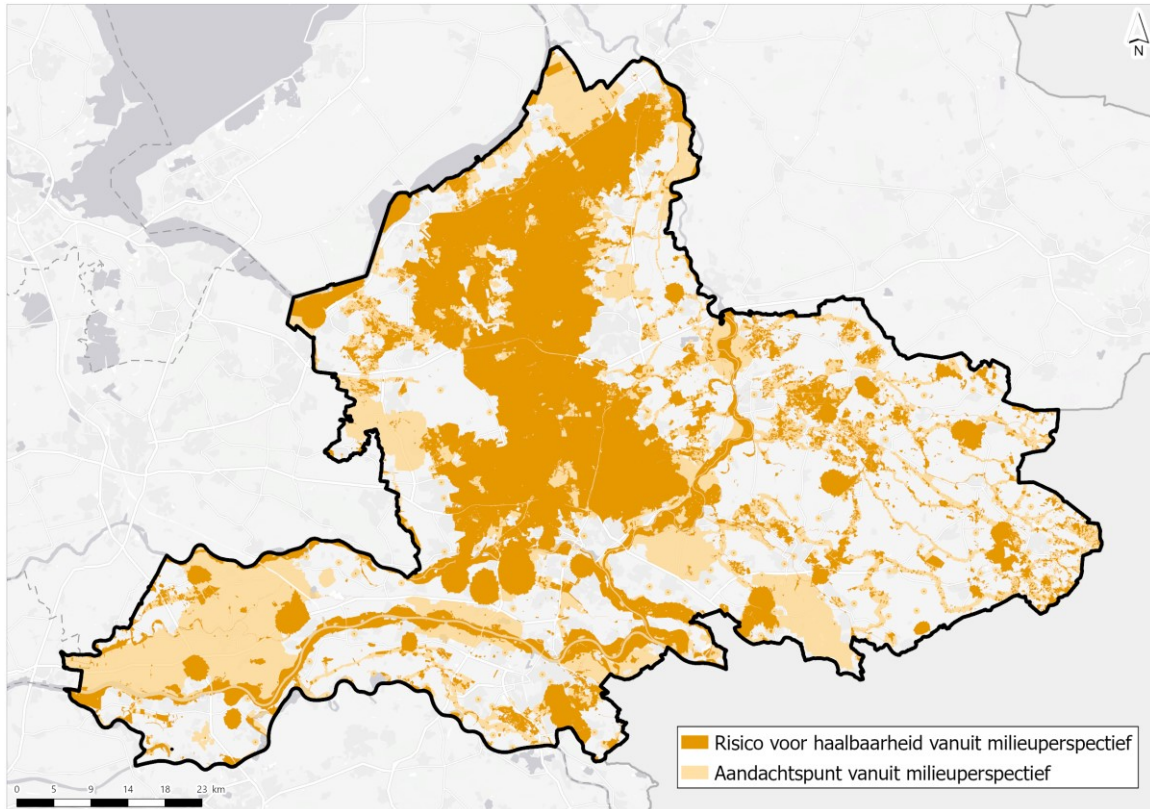
Tabel 4.21 Effectbeoordeling bovengrondse warmteopslag

Aspect	Effectbeoordeling	Oordeel t.o.v. de referentiesituatie
invloed op waterwingebieden	--	risico
invloed op grondwaterbeschermingszones, boringvrije zones en (minder) kwetsbare drinkwaterreservingsgebieden	-	aandachtspunt
ruimtebeslag in Natura 2000- en GNN-gebieden	--	risico
ruimtebeslag in overige beschermde gebieden (weidevogelgebieden, ganzenrustgebieden en GO)	-	aandachtspunt
effecten op archeologische monumenten (AMK categorie 'Terrein van zeer hoge archeologische waarde, beschermd')	--	risico
effecten op beschermde cultuurhistorische waarden*	--	risico

* Voor molenbiotopen geldt dat binnen 100 m rondom de molen geen bouwwerken zijn toegestaan (--). In een zone tussen 100 en 400 m rondom de molenbiotoop zijn bouwwerken enkel onder voorwaarden (gerelateerd aan hoogtebeperkingen) mogelijk (zie ook bijlage VII). Deze zone is daarom als 'aandachtspunt (-).

Afbeelding 4.6 laat de effectbeoordeling voor bovengrondse warmteopslag zien die volgt uit Tabel 4.21 en de beschreven analyse. Het resultaat is gelijk aan de beoordeling voor ondergrondse warmteopslag.

Afbeelding 4.6 Effectbeoordeling boven warmteopslag (expert judgement)



Voor de bovengrondse warmteopslag zijn de effecten op landschappelijke waarden naar verwachting het meest omvangrijk. Deze effecten variëren met de locatie en de omvang en vorm van de opslag. Per project moeten de effecten op landschappelijke waarden worden onderzocht. Voor overige effecten wordt verwezen naar de aandachtspunten zoals uiteengezet onder geothermie.

Effectbeschrijving

Effecten op ruimtelijk visuele kenmerken

Een bovengrondse warmteopslag is zichtbaar, soms zelfs van grote afstand, afhankelijk van de benodigde opslagcapaciteit. Deze bouwwerken kunnen de landschappelijke waarden in een gebied aantasten en moeten daarom landschappelijk goed worden ingepast. De bouwwerken zijn niet per se van industriële aard, zie afbeelding 2.11. Als de warmteopslag een industriële uitstraling heeft, is realisatie op of direct aan een industriegebied vanuit landschappelijk perspectief gewenst. In algemene zin heeft plaatsing nabij bestaande bebouwing of aansluiting bij bestaande landschappelijke structuren de voorkeur vanuit landschappelijk perspectief. Hiermee worden waarden als openheid en kleinschaligheid zo min mogelijk aangetast.

Effecten op toekomstig ruimtegebruik

Bovengrondse warmteopslag vraagt om ruimtebeslag. Gedurende de gebruiksfase van de warmteopslag, kan deze ruimte niet worden gebruikt voor andere gebruiksfuncties. De oppervlakte van het ruimtebeslag hangt samen met de omvang en opbouw van de warmteopslag. Door de hoogte in te gaan, is het benodigd oppervlakte kleiner. De effecten op toekomstig ruimtegebruik moeten per project worden afgewogen.

Overige effecten

De overige effecten zijn gelijk aan de effecten van ondergrondse warmteopslag. Ook voor bovengrondse warmteopslag geldt dat ruimtebeslag in Natura 2000- en GNN-gebieden en waterwingebieden, milieuperspectief niet haalbaar is. Hetzelfde geldt voor realisatie op archeologische monumenten op beschermde cultuurhistorische waarden. Daarnaast wordt realisatie in grondwaterbeschermingszones en overige natuurgebieden bij voorkeur vermeden.

4.3 Effectanalyse warmtedistributie

Deze paragraaf beschrijft de effectanalyse voor warmtedistributie, waarbij met name het warmtenet relevant is. Elke subparagraaf geeft de effecten per milieuthema beknopt weer gevolgd door een uitgebreide beschrijving. Achtereenvolgens wordt ingegaan op

- bodem;
- water;
- natuur;
- landschap, cultuurhistorie en archeologie;
- leefomgeving;
- gebruiksfuncties en ruimtegebruik.

afbeelding 4.4 biedt inzicht in de gebieden waar milieueffecten verwacht worden en realisatie mogelijk niet haalbaar of ongewenst is.

Bodem

Invloed op bodemkwaliteit

Omdat verspreiding van bodemverontreinigingen vanuit wetgeving niet is toegestaan, is een negatief effect op de bodemkwaliteit uitgesloten. Bij doorkruising van verontreinigende locaties is sanering verplicht, met een positief effect op de bodemkwaliteit tot gevolg. Per project dient bodemonderzoek plaats te vinden.

Voor aanleg van het ondergronds warmtenet is grondverzet nodig. Bij aanleg van de warmtetransportleiding met een open ontgraving wordt de leiding op een diepte van circa 1,80 m gelegd. Hierbij wordt grond afgegraven en, indien niet verontreinigd, teruggeplaatst boven op de leiding. Bij een boring kan de diepte oplopen tot tientallen meters. Bij beide aanlegmethode kunnen diepe of ondiepe bodemverontreinigingen worden geraakt.

Vanuit de Wet milieubeheer, de Wet bodembescherming en het Besluit bodemkwaliteit volgt dat het wettelijk niet is toegestaan de kwaliteit van de bodem te verslechteren en/of een verontreiniging te verplaatsen of verspreiden. Bij (mogelijke) werkzaamheden op of nabij een mogelijk verontreinigde locatie is bodemonderzoek verplicht. In geval van een bodemverontreiniging zijn saneringswerkzaamheden verplicht. Hierbij wordt de verontreinigde grond afgevoerd en niet teruggeplaatst in de afgegraven locatie. Dit leidt tot een verbetering van de bodemkwaliteit. Een negatief effect is door deze saneringsplicht uitgesloten.

Bij de ontwikkeling en aanleg van het ondergrondse warmtenet moet rekening worden gehouden met relevant bodemlocaties. Dit zijn locaties waar bodemverontreinigingen aanwezig zijn, waar voldoende onderzoek is uitgevoerd en locaties waar saneringsactiviteiten voorzien zijn. Voor de uitwerking van projecten dient hiervoor nader bureauonderzoek plaats te vinden, mogelijk uitgebreid met veldonderzoek.

De warmtetransportleidingen kunnen mogelijk warmteafgifte naar de bodem veroorzaken. Dit dient per project nader te worden onderzocht. Hierbij speelt de isolatie van de leidingen en eigenschappen van de betreffende bodemlaag een bepalende rol.

Risico op zettingen

Aanleg van het ondergrondse warmtenet of de bovengrondse installaties op veengronden en op kleigronden leidt tot een risico op zettingen. Om dit risico op zettingen te beperken, is het vermijden van veengronden belangrijk en moet op kleigronden nader onderzoek plaatsvinden. Met name in de gebieden rondom de rivieren vormt dit een aandachtspunt voor de nadere uitwerking van de projecten.

Zettingen kunnen optreden als gevolg van ingrepen in de ondergrond. Bovengrondse en ondergrondse constructies kunnen, indien zwaarder dan de omliggende lithologie, tot leiden tot een zetting. Ook een aanpassing in de dominante bodemopbouw kan (op termijn) leiden tot zettingen. Een zetting kan leiden tot negatieve gevolgen aan boven- en ondergrondse functies. Dit omvat bestaande functies zoals wegen en kabels en leidingen, maar ook de te realiseren warmtetransportleidingen of bovengrondse installaties. Daarom is het optreden van een zetting vanuit meerdere perspectieven ongewenst.

Het risico op zettingen hangt samen met de lithologische opbouw en samenstelling van de bodem. Textuur, structuur en het watergehalte van de grond zijn hierbij belangrijke parameters. De ingreep kan de lucht en het water uit de poriën van de bodem persen, waarna de grond inklinkt en een zetting optreedt. Veengronden zijn zeer gevoelig voor zettingen veengronden veel water en lucht bevatten. Klei en zand zijn beter bestand tegen zettingen, waarbij geldt dat zand door de textuur en structuur het minst gevoelig is voor zettingen.

In deel B van dit plan-MER is een kaart opgenomen die de bodemtypen in de provincie Gelderland laat zien. Om het risico op zettingen te voorkomen en beperken, moet bij de tracerings van het ondergrondse warmtenet rekening worden gehouden met de aanwezige veengronden. Veengronden dienen hierbij zoveel mogelijk vermeden te worden om het risico op zettingen zo klein mogelijk te houden. Met name rondom Elburg, Nunspeet en Nijkerk vormt dit een aandachtspunt. Indien de ondergrondse leidingen toch op veengronden worden voorzien, moeten maatregelen getroffen worden om zettingen te voorkomen. Realisatie van de warmtetransportleidingen in een zandbed kan hierbij uitkomst bieden. De mogelijkheden en noodzaak voor toepassing van maatregelen is echter sterk afhankelijk van de omvang en diepteligging van de warmtetransportleiding. Daarom is project-specifiek onderzoek noodzakelijk.

Water

Invloed op waterwingebieden en grondwaterbeschermingszones

Aanleg van het ondergrondse warmtenet in waterwingebieden is op grond van bestaande wet- en regelgeving niet haalbaar. Aanleg van het warmtenet in grondwaterbeschermingsgebieden is niet op voorhand uitgesloten, maar wel gebonden aan strenge voorwaarden. Omdat dit mogelijk interessante gebieden zijn vanwege de potentie van geothermie, moeten effecten hiervan in vervolgfases worden bepaald.

De Provinciale Omgevingsverordening en Provinciale Milieuverordening schrijven regels voor over de (on)mogelijkheden in waterwingebieden en grondwaterbeschermingszones. Voor een beschrijving van deze verordeningen wordt verwezen naar het deel B van dit plan-MER en paragraaf 4.1.1 (geothermie).

Aanleg van het ondergrondse warmtenet kan door bemalingswerkzaamheden en grondroerende activiteit effect hebben op de grondwaterkwaliteit en -kwantiteit. In waterwingebieden is dit verboden, zonder mogelijkheden voor ontheffing. Daarom zijn waterwingebieden uitgesloten voor de aanleg van een warmtetransportleiding. Hetzelfde geldt voor bovengrondse installaties, omdat ook hiervoor grondroerende werkzaamheden en, mogelijk, bemaling nodig is. Warmtedistributie is daarom als geheel uitgesloten in waterwingebieden.

Rondom de waterwingebieden is een grondwaterbeschermingszones aangeduid. Deze gebieden dragen bij aan de bescherming van de kwantiteit en kwaliteit van het grondwater in het waterwingebied. Voor activiteiten in grondwaterbeschermingszones gelden minder strenge regels dan voor activiteiten in waterwingebieden. Hier is de aanleg van een buisleiding mogelijk, mits deze leiding geen schadelijke stoffen bevat. Wel is hiervoor een ontheffing nodig die enkel wordt verleend als voldaan wordt aan voorwaarden. Hierbij moet worden aangetoond dat het grondwater niet negatief wordt beïnvloed en de doorlatendheid van de bodem niet wordt aangetast. Dit maakt dat ondergrondse warmtetransportleidingen hier enkel onder strenge voorwaarden mogelijk zijn. Project-specifiek onderzoek moet uitwijzen of kan worden voldaan aan deze voorwaarden.

Omdat warmtebronnen zoals geothermie en OBES zijn uitgesloten in waterwingebieden en grondwaterbeschermingszones, is de realisatie van de warmte uitkoppeling in deze gebieden niet

waarschijnlijk. Het warmtedistributienetwerk is echter wel benodigd indien de warmtebronnen op de grens of nabij deze gebieden worden gerealiseerd. Vooral voor geothermie zijn dit kansrijke gebieden, waarmee nader onderzoek naar de effecten van een warmtenet op grondwaterbeschermingszones naar verwachting nodig is.

Natuur

Natura 2000-gebieden

Aanleg van de ondergrondse warmtetransportleidingen kan leiden tot stikstofdepositie op Natura 2000-gebieden. In een voortoets van de Wet natuurbescherming moet de stikstofdepositie worden onderzocht. De aanleg van het warmtenet kan leiden tot ruimtebeslag en verstoring van soorten in Natura 2000-gebieden. Deze effecten zijn echter tijdelijk van aard en effecten zijn te mitigeren.

Aanleg van het ondergrondse warmtetransportnetwerk kan effecten hebben op de instandhoudingsdoelstellingen van Natura 2000-gebieden. Dit is vanuit vigerende wetgeving niet toegestaan, tenzij gemotiveerd aangetoond dat de effecten niet significant negatief zijn of dat is voldaan aan de ADC-toets. Naar verwachting is ruimtebeslag in Natura 2000-gebieden vanwege de te verwachten effecten gedurende de aanlegfase niet haalbaar.

De effecten van het warmtedistributienetwerk zijn op te delen in tijdelijke en permanente effecten. Tabel 4.22 laat de verwachte effecten op hoofdlijnen zien.

Tabel 4.22 Effecten warmtedistributienetwerk op hoofdlijnen

Effecttype	Effect
tijdelijk	oppervlakteverlies en versnippering door werkzaamheden aanlegfase
	verstoring door aanleg warmtenet
	visuele verstoring/verstoring door mens en materieel tijdens aanlegfase
	verzuring en vermesting door stikstofdepositie tijdens aanlegfase warmtenet
permanent	verzuring en vermesting door stikstofdepositie tijdens aanlegfase warmtenet

Sterfte tijdens de aanlegfase van het warmtenet kan worden voorkomen door mitigerende maatregelen. Dit wordt daarom niet nader beschouwd. Hierbij kan gedacht worden aan (een combinatie van):

- werkzaamheden in een richting uitvoeren zodat soorten kunnen vluchten;
- plaatsen van amfibieënschermen;
- gebieden ongeschikt maken voorafgaand aan de werkzaamheden.

Net als de aanleg van windturbines, zonneparken, netinfrastructuur en warmtebronnen kan ook de aanleg van het warmtedistributienetwerk leiden tot stikstofdepositie op Natura 2000-gebieden. Dit kan significante gevolgen hebben voor het behalen van de instandhoudingsdoelstellingen van stikstofgevoelige habitattypen en leefgebieden. De hoeveelheid stikstof die op een gebied neerslaat is afhankelijk van het materieel dat wordt ingezet, de duur van de werkzaamheden en de afstand van de werkzaamheden tot het Natura 2000-gebied. De verwachte stikstofdepositie door de aanlegwerkzaamheden van het ondergrondse warmtenet zijn vergelijkbaar met aanleg van hoogspanningskabels. De inzet van materieel voor aanleg in open ontgraving of aanleg met gestuurde boringen leidt tot een stikstofemissie, welke sterk samenhangt met de ligging en afstand tot Natura 2000-gebieden en de aanlegdiepte van de leidingen. Per project moet de stikstofdepositie onderzocht worden. Deze moet terugkomen in de te doorlopen voortoets van de Wet natuurbescherming.

Gedurende de aanlegfase van het ondergrondse warmtenet is mogelijk sprake van tijdelijke verstoring van soorten. Dit komt voort uit de inzet van materiaal dat geluid veroorzaakt. Daarnaast veroorzaakt de aanwezigheid van mensen en materieel visuele verstoring. De mate van verstoring is afhankelijk van de

afstand van de werkzaamheden tot een Natura 2000-gebied. Versturende effecten zijn te mitigeren door toepassing van (een combinatie van) de volgende maatregelen:

- werken buiten het broedseizoen;
- niet werken in de schemering of het duister;
- gebruik maken van vleermuisvriendelijke verlichting;
- het gebruik van geluidsreducerende technieken.

Daarnaast kan het voor aanleg van het ondergrondse warmtenet nodig zijn bomen te kappen of andere vegetatie te vernietigen. Dit is van toepassing bij aanleg in open ontgraving. Deze effecten zijn te mitigeren door aanleg met gestuurde boringen. Diepwortelende vegetatie kan niet terug worden geplaatst indien de warmtetransportleiding dicht onder het maaiveld wordt aangelegd (circa 2 m). Deze effecten zijn afhankelijk van de aanlegdiepte van de buisleidingen en moeten daarom per project worden onderzocht.

Beschermde soorten

Aanleg van de ondergrondse warmtetransportleidingen kan leiden tot tijdelijke effecten op beschermde plant- en diersoorten zoals vastgelegd in de Wet natuurbescherming. Deze effecten zijn locatie-afhankelijk en moeten per project onderzocht worden. Mogelijk is een ontheffing nodig voordat een vergunning kan worden verleend.

Via de Soortenbescherming in de Wet natuurbescherming zijn plant- en diersoorten beschermd. Voor de omschrijving en werking van de soortenbescherming wordt verwezen naar de beschrijving onder paragraaf 5.1.3 in deel B van dit plan-MER. Deze paragraaf beschrijft ook de concentratiegebieden, relevante soorten en overige aandachtspunten die ook relevant zijn voor de (mogelijke) milieueffecten van het warmtedistributienetwerk.

Door de aanleg van een ondergronds warmtenet kunnen soorten die beschermd zijn onder de Wnb tijdelijk worden verstoord, kan (een onderdeel van) essentieel leefgebied aangetast of vernietigd worden, of kan er sterfte van soorten optreden. De precieze effecten op soorten zijn locatie-afhankelijk en moeten daarom per project onderzocht worden. Bij overtreding van de verboden zoals vastgelegd in de Wet natuurbescherming, moet een ontheffing worden aangevraagd. Deze wordt alleen verleend als er geen andere reële alternatieven voor de locatie van het plan zijn en als er een dwingende reden van groot openbaar belang gediend wordt.

GNN en overige gebieden

Aanleg van de ondergrondse warmtetransportleidingen kan leiden tot tijdelijke effecten op natuurwaarden in GNN-gebieden en overige gebieden. Deze effecten zijn locatie-afhankelijk en moeten per project onderzocht worden. Mogelijk is een ontheffing of compensatie nodig voordat een vergunning kan worden verleend.

Het Natuurnetwerk Nederland (GNN) beschermt de bijzondere Natura 2000-natuur, versterkt het lokale karakter en verbindt de natuurgebieden in Gelderland. Het GNN-gebied is beschermd in de Omgevingsverordening Gelderland en in gemeentelijke bestemmingsplannen. Voor de omschrijving, doelstellingen en restricties met betrekking tot GNN-gebieden wordt verwezen naar de beschrijving onder paragraaf 5.1.2 in deel B van dit plan-MER.

Het warmtenet kan ook effect hebben op weidevogelgebieden, ganzenfoerageergebieden en stiltegebieden. Voor de omschrijving van deze gebieden wordt verwezen naar paragraaf 3.1.1 in deel B van dit plan-MER. Voor al deze gebieden gelden bepalingen die aangeven of een activiteit wel of geen doorgang kan vinden.

Voor het warmtenet zijn de effecten op GNN-gebieden en overige gebieden vergelijkbaar met de effecten op Natura 2000-gebieden. Hiervoor wordt dan ook verwezen naar de teksten onder Effectbeschrijving Natura 2000-gebieden. Samengevat gaat dit om:

- verstoring tijdens de aanlegfase door werkzaamheden;
- vegetatievernietiging en beperking groei vegetatie (ondiepe warmtetransportleidingen).

De effecten op GNN-gebieden en overige gebieden moeten per project onderzocht worden. Mogelijk is het compensatiebeginsel van toepassing op deze beschermde gebieden. Per project dient ten minste worden onderbouwd dat geen sprake is van significante effecten.

Cultuurhistorie en archeologie

Aanleg van de ondergrondse warmtetransportleidingen en de bovengrondse installaties kan cultuurhistorische en archeologische waarden aantasten. Aantasting van beschermde cultuurhistorische waarden (biotopen) en archeologische waarden (onder andere Rijksmonumenten) is niet toegestaan. Per project moet nader onderzoek plaatsvinden waarin wordt aangetoond dat de waarden niet worden aangetast en behouden blijven.

Cultuurhistorie

Aanleg van de ondergrondse warmtetransportleidingen kan cultuurhistorische waarden aantasten. Aantasting van beschermde cultuurhistorische waarden (zoals molenbiotopen) is niet toegestaan. Aanleg van de warmtetransportleidingen is binnen deze aangeduide gebieden en objecten dan ook niet haalbaar als niet kan worden uitgesloten dat de waarden worden aangetast. Per project moet daarom nader onderzoek plaatsvinden om aan te tonen dat de beschermde cultuurhistorische waarden niet worden aangetast.

Archeologie

Aanleg van de ondergrondse warmtetransportleidingen kan archeologische waarden aantasten. De effectanalyse archeologie onder elektriciteit (zie paragraaf 5.2.4 in deel B van dit plan-MER) laat de gebieden zien die zijn aangeduid als gebieden met (zeer) hoge archeologische waarden. Hieruit volgt dat gebieden met archeologische monumenten vanuit wetgeving niet aangetast mogen worden. Indien bij de nadere tracerings van het warmtenet blijkt dat een dergelijk archeologisch monument niet vermeden kan worden, kan toepassing van een boring mogelijk uitkomst bieden. Sommige archeologische monumenten liggen namelijk ondiep, waardoor relatief eenvoudig onder de waarde doorgeboord kan worden. Als dit geen uitkomst biedt, moet gezocht worden naar een alternatieve route waarmee het archeologische monument vermeden kan worden.

Voor gebieden met een (hoge of lagere) verwachte archeologische waarde geldt dat nader onderzoek plaats moet vinden of, en zo ja in welke hoedanigheid, er archeologische waarden aanwezig zijn. Als dit het geval is, dient nader archeologisch onderzoek plaats te vinden. De gebieden met een (zeer) hoge kans op archeologische sporen vormen hierbij een aandachtspunt. Voor een beschrijving en afbeelding van deze gebieden wordt verwezen naar de effectanalyse archeologie onder elektriciteit. Voor zowel bekende als verwachte archeologische waarden geldt dat per project onderzoek moet plaatsvinden om aan te tonen dat de archeologische waarden niet worden aangetast.

Leefomgeving

De aanleg van de ondergrondse warmtetransportleidingen kan leiden tot geluidhinder en normoverschrijding. Hiervoor moet per project worden aangetoond dat de geldende geluidsnormen niet worden overschreden. Daarnaast geldt per project het aandachtspunt dat lokale hinder kan optreden, wat voornamelijk kan optreden in stedelijk gebied.

Geluid

Gedurende de aanlegfase van de ondergrondse warmtetransportleidingen kan geluidhinder optreden op geluidsgevoelige objecten. Deze geluidhinder komt voort uit geluidproductie van werkzaamheden ter plaatse van het tracé. Het geluid kan geproduceerd worden door het werkverkeer, het omleiden van regulier verkeer, de aan- en afvoer van materieel en de inzet van (groot) materieel (kranen, bemalingspompen, boorinstallaties bij gestuurde boringen, etc.). De mate waarin geluid geproduceerd wordt, hangt samen met de inzet van benodigd materieel en de omvang van het werkverkeer. Daarnaast is de lengte van de warmtetransportleiding bepalend voor de aanlegduur en daarmee voor de periode waarin geluid wordt geproduceerd. Tot slot is de ligging ten opzichte van geluidsgevoelige objecten bepalend voor de mate waarin hinder optreedt. Voor laatstgenoemde zijn geluidnormen van toepassing.

Voor de aanlegfase zijn de geluidnormeringen uit het Bouwbesluit (2012) van toepassing. Hiervoor moet per project worden beoordeeld of de normen zoals getoond in tabel 4.9 worden overschreden. Indien dit het

geval is, moeten maatregelen worden getroffen. Dit kan gaan om geluidsbeperkende maatregelen aan de bron (bijvoorbeeld afscherming van boorinstallaties) of het vergroten van de afstand tot geluidgevoelige objecten. Gedurende de gebruiksfase wordt geen geluidproductie verwacht van ondergrondse warmtetransportleidingen.

Overige hinder

Naast normoverschrijding geldt het aandachtspunt dat aanleg van een warmtenet in stedelijk gebied kan leiden tot (ernstige) hinder op bewoners van dat gebied. Dit wordt met name veroorzaakt door geluid, maar ook door de aanwezigheid van werkverkeer, omleidingsroutes, lichthinder op bouwplaatsen, en een tijdelijke verslechtering van de luchtkwaliteit.

Gebruiksfuncties en ruimtegebruik

Gebruiksfuncties

Bij aanleg van de ondergrondse warmtetransportleidingen moet rekening gehouden worden met de kruising van bestaande gebruiksfuncties zoals wegen en kabels en leidingen. Deze moeten onder de juiste voorwaarden gekruist worden. Dit is een aandachtspunt dat per project nader moet worden onderzocht.

Bij de aanleg van het ondergrondse warmtenet kunnen bestaande gebruiksfuncties worden gekruist. Dit gaat om kruisingen met wegen, spoorwegen, vaarwegen en kabels en leidingen. Voor al deze functies gelden specifieke regels om kruisingen mogelijk te maken. Zo dienen ze alle zoveel mogelijk haaks gekruist te worden en moet zoveel mogelijk een gestuurde boring worden toegepast om deze functies te kruisen. Hierdoor worden de bestaande functies niet in functioneren beperkt. Onder voorwaarden kan een gemeentelijke weg worden opengebrouwen omdat hierbij de hinder relatief beperkt is. Per project moet bij de trasering rekening gehouden worden met deze bestaande gebruiksfuncties en de kruising daarvan.

Overige gebruiksfuncties in de vorm van bebouwing worden logischerwijs vermeden. Verlies van gebruiksfuncties door ruimtegebruik is beschreven onder ruimtegebruik.

Ruimtegebruik

Boven de warmtetransportleiding kunnen gedurende de gebruiksfase geen andere functies worden gerealiseerd omdat de leiding te allen tijde bereikbaar moet blijven voor onderhoud.

Ruimtegebruik heeft betrekking op het (tijdelijk) oppervlakteverlies voor uitvoering van bestaande en toekomstige functies. Boven een warmtetransportleiding kunnen vanuit planologische gronden beperkt ontwikkelingen plaatsvinden omdat de leiding bereikbaar moet blijven voor onderhoud. Hiervoor gelden vergelijkbare eisen als voor hoogspanningskabels. De eisen worden vastgesteld door de beheerder van het warmtenet en zijn daardoor locatie- en projectspecifiek. Per project moet dit in kaart worden gebracht.

5

CONCLUSIE EFFECTONDERZOEKEN WARMTE

Voorliggend rapport presenteert op hoofdlijnen de milieueffecten van de realisatie en uitkoppeling van een warmtebron, warmteopslag en warmtedistributie. Deze informatie kan worden gebruikt om de positie van warmte te bepalen in de RES'en in de provincie Gelderland. De basisbeoordeling laat zien dat voor verschillende warmtebronnen aandachtspunten gelden vanuit milieuperspectief. Denk aan de realisatie in of nabij natuurgebieden, in waardevolle gebieden vanuit cultuurhistorie en archeologie of nabij woningen. Deze inzichten bieden inzicht op het schaalniveau van de provincie Gelderland. Daarmee is het detailniveau laag. De warmtevraag wordt verder uitgewerkt op regionaal niveau, wat vraagt om een hoger detailniveau. Daarmee is voorliggend rapport een opmaat naar verder uitwerking. De inzichten uit voorliggend rapport zijn waardevol in relatie tot het hoofdrapport van het plan-MER, waar inzicht is gegeven in wind- en zonne-energie en het energiesysteem.

Voor de RES-regio's kan de warmtevraag, onder andere, in relatie gezet worden tot de elektriciteitsvraag en verdeling van het warmte-aanbod en worden belemmeringen inzichtelijk op regionale schaal. Bijvoorbeeld op locaties waar geen ruimte beschikbaar is voor extra elektriciteitsverbruik voor de warmtevoorziening of als er vanwege de milieu impact voor wordt gekozen om een individuele (elektrische) warmtebron niet te benutten. Oftewel, gebieden waarin de toepassing van elektrisch opgewekte warmte mogelijk nodig is en daarmee de elektrificatie toeneemt.

De relatie tussen warmte met elektriciteitsverbruik (specifiek netcongestie) wordt verder toegelicht in het hoofdrapport. Daarnaast wordt dit nader toegelicht in de regionale rapportages per RES-regio.

