

Aanvraag startvergunning aardwarmte voor het gebied **Made I**



Aanvrager:
Geothermie Plukmade B.V.

Datum aanvraag:
15 november 2024

Aanvraagformulier

Deze aanvraag is ingediend op grond van Artikel 24b Mijnbouwwet in samenhang met Artikel 24n Mijnbouwwet.

Deze aanvraag is elektronisch ingediend bij:

De Minister van Klimaat en Groene Groei

mijnbouwvergunningen@minezk.nl

<u>Artikel</u>	<u>Onderwerp</u>	<u>Beschrijving</u>
	Algemene informatie aanvraag startvergunning aardwarmte	
24b, Mbw	Aanvraag startvergunning	☒ Aanvraag startvergunning ☐ Wijziging startvergunning
	Naam indiener	Aardyn B.V.
	Adres	Laan van Barcelona 800 3317 DD DORDRECHT
	Contactpersoon	5.1.2.e
	E-mailadres contactpersoon	5.1.2.e @aardyn.nl
	Telefoonnummer contactpersoon	5.1.2.e
24n, Mbw	Beoogd vergunninghouder(s)	Geothermie Plukmade B.V.
	Kvk-nummer	76202593
	Ligging aanvraag	
	Toegewezen zoekgebied	Made 2
	Provincie	Noord-Brabant
	Gemeente	Drimmelen, Oosterhout, Geertruidenberg
	Waterschap	Brabantse Delta
	Doelreservoir warmtewinning	Hoofd Bontzandsteen
Ondertekening		
Datum :		
Plaats :		
Naam :		
Functie :		

Samenvatting van de aanvraag

Geothermie Plukmade B.V. (hierna: GPM) is houder van de toewijzing zoekgebied aardwarmte Made 2. GPM is opgericht in 2019 en heeft als doel om een aardwarmteproject te ontwikkelen in het glastuinbouwgebied van Made om de lokale kassen 30 jaar van warmte te voorzien via een bestaand lokaal netwerk van Ennatuurlijk.

Deze aanvraag startvergunning heeft tot doel om toestemming te krijgen voor het opsporen en winnen van aardwarmte ten behoeve van het leveren van aardwarmte aan het warmtenet van Ennatuurlijk. Het aangevraagde gebied ligt in de provincie Noord-Brabant, in de gemeenten Drimmelen, Oosterhout en Geertruidenberg. Het geothermische doublet bestaande uit een productieput en injectieput wordt gerealiseerd in de zandsteenlagen van de Hoofd-Bontzandsteen Subgroep. De diepte van het doelreservoir in het aangevraagde gebied ligt grofweg tussen 1650 en 1900 meter onder maaiveld.

Het aangevraagde maximale debiet is 450 m³/uur. De aangevraagde minimale injectietemperatuur is 10 °C. De aangevraagde maximale injectieverschilddruk is afhankelijk van de injectietemperatuur, deze is in tabelvorm opgenomen in de aanvraag. De aangevraagde hulpstoffen zijn opgenomen in tabelvorm in de aanvraag. Het te produceren en injecteren volume per jaar is 3.87 miljoen m³. Het verwachte P50 geothermisch vermogen is 27 MWth.

Op basis van de door de aanvrager uitgevoerde risicobeoordeling, conform door het ministerie van KGG gepubliceerde systematiek, wordt geconcludeerd dat het project voldoet aan de wettelijke veiligheidsnorm, en dat geen schade wordt verwacht als gevolg van bodembeweging. Er worden geen nadelige gevolgen verwacht voor natuur en milieu als gevolg van de aardwarmte activiteiten.

Inhoudsopgave

Samenvatting van de aanvraag.....	3
Inhoudsopgave.....	4
1. Indieningsvereisten.....	6
2. Inleiding op de aanvraag	10
2.1 Doel van de aanvraag.....	10
2.2 Vergunningsduur.....	10
2.3 Organisatie en algemene gegevens van de aanvrager	10
2.4 Communicatieplan	11
2.5 Ervaring van de aanvrager	11
3. Locatie van de aanvraag	12
4. Ondergrond van het aangevraagde gebied.....	14
4.1 Geologische beschrijving van het reservoir	14
4.2 Reservoirkarakterisatie	21
4.3 Samenstelling en karakteristieken formatiewater.....	21
4.4 Geohydrologie in het gebied.....	23
4.5 Planmatig beheer van de ondergrond	25
4.6 Interferentie met andere mijnbouwactiviteiten	28
5. Beoogde wijze van opsporen en winnen	32
5.1 Meerjarenprogramma opsporing en winning.....	32
5.2 Operationele instellingen tijdens de winning	32
5.3 Integriteit van de afsluitende lagen	35
5.4 Hoeveelheid en verwerking bijvangst.....	40
5.5 Gebruik hulpstoffen	40
6 Aardwarmtesysteem.....	42
6.1 Systeemconfiguratie	42
6.2 Verbuizingschema beoogde putten	42
6.3 Putontwerp	43
6.4 Putintegriteit.....	47
6.5 Put barriere en elementen.....	50
7. Bodembeweging	53
7.1 Bodemstijging en/of -daling.....	53
7.2 Bodemtrilling.....	57
7.3 Monitoring bij beoogde wijze van winning.....	58
8. Financiële capaciteiten	60
8.1 Financiële situatie aanvrager	60

8.2	Opbrengsten en kosten.....	61
8.3	Financiering.....	62
8.4	Aansprakelijkheid.....	62
9.	Warmte aanbod en -afzet.....	63
9.1	Inpassing in regionale beleidsplannen.....	63
9.2	Warmteaanbod.....	63
9.3	Warmte afzet en transport.....	65
9.4	Warmteleveringsovereenkomst.....	66
	Bijlagen.....	68
	Bijlage 1a – KvK uittreksel Geothermie Plukmade B.V.	68
	Bijlage 1b – Jaarrekening Geothermie Plukmade B.V.....	68
	Bijlage 1c – Statuten Geothermie Plukmade B.V.....	68
	Bijlage 1d – KvK uittreksel Aardyn B.V.....	68
	Bijlage 1e – Jaarrekening Aardyn B.V.	68
	Bijlage 1f – Jaarrekening EBN B.V.	68
	Bijlage 1g – Jaarrekening Ennatuurlijk B.V.....	68
	Bijlage 1h – Jaarrekening Energiefonds Brabant	68
	Bijlage 1i – Verklaring eigen vermogen Ennatuurlijk.....	68
	Bijlage 1j – Verklaring eigen vermogen EBN.....	68
	Bijlage 1k – Verklaring eigen vermogen Energiefonds Brabant.....	68
	Bijlage 1l – Verklaring eigen vermogen AEX & Balance sheet	68
	Bijlage 2 – Panterra petrophysics and cuttings.....	68
	Bijlage 3 – Panterra report Made dissolved gas	68
	Bijlage 4 – Plukmade geologische evaluatie	68
	Bijlage 5 – Bijlagen geologische evaluatie	68
	Bijlage 6 – Geologisch addendum Plukmade.....	68
	Bijlage 7 – Plukmade seismische interpretatie	68
	Bijlage 8 – SDRA Plukmade	68
	Bijlage 9 – HCRA.....	68
	Bijlage 10 – Geohydrologisch rapport	68
	Bijlage 11 – Seismisch risico beheersplan.....	68
	Bijlage 12 – Dienstverleningsovereenkomst - VERTROUWELIJK	68
	Bijlage 13 – HOT WLO – VERTROUWELIJK	68
	Bijlage 14 - Deviatietabellen	68

1. Indieningsvereisten

	Indieningsvereisten aanvraag startvergunning	
24o, lid 1a, Mbw	Een beschrijving van de aardlagen en de begrenzing ervan waar de aanvrager voornemens is aardwarmte op te sporen en te winnen.	§3
24o, lid 1b, Mbw	Een beschrijving van de andere gebruiksmogelijkheden van het gebied, waaronder grondwater met het oog op de winning van drinkwater, of kenbare voornemens tot het opslaan van stoffen.	§4
24o, lid 1c, Mbw	Een beschrijving van de wijze waarop de aanvrager voornemens is aardwarmte op te sporen en te winnen en hoe hij voornemens is de putintegriteit te borgen.	§5
24o, lid 1d, Mbw	Een beschrijving van de verwachte bodembeweging ten gevolge van de winning.	§7
24o, lid 1e, Mbw	Een beschrijving, indien dit nodig is gelet op de verwachte bodembeweging, van: <ul style="list-style-type: none"> 1) De veiligheidsrisico's voor omwonenden, het risico op schade aan gebouwen of infrastructurele werken of het risico op verstoring van de functionaliteit daarvan; 2) De maatregelen die worden genomen om bodembeweging te voorkomen of te beperken; 3) De maatregelen die worden genomen om schade door bodembeweging te voorkomen of te beperken; 	§7
24o, lid 1f, Mbw	Een beschrijving van de overeenkomsten met betrekking tot de afzet van warmte.	§9
24o, lid 1g, Mbw	Een beschrijving van de wijze waarop de aanvrager voornemens is de kosten in verband met de opsporing en winning en de hierbij behorende aansprakelijkheden, waaronder het stellen van financiële zekerheid, anders dan bedoeld in de artikelen 46 en 47 Mbw, ter dekking van de aansprakelijkheid voor de schade door verontreiniging van grondwater of bodem indien de in de aanvraag aangegeven aardlagen zich geheel of gedeeltelijk bevinden onder een gebied dat is aangewezen voor de winning van drinkwater uit grondwater, en het zo nodig geheel of gedeeltelijk buiten gebruik stellen van een boorgat tijdens of na afloop van de looptijd van de startvergunning te dragen.	§8
24o, lid 1h, Mbw	Een beschrijving van de ervaring van de aanvrager met de ontwikkeling van aardwarmte-projecten en andere mijnbouwactiviteiten.	§2
1.3b.2, lid 1a, Mbr	De gegevens, bedoeld in artikel 1.3b.1, eerste lid en tweede lid, onderdelen d en f.	§2
1.3b.1, lid 1a	de ligging en oppervlakte van het aangevraagde gebied.	§3
1.3b.1, lid 1b	een beschrijving van de door de provinciale staten op grond van artikel 1.2, tweede lid, onderdeel a, van de Wet milieubeheer met het oog op de waterwinning aangewezen gebieden, uitgesplitst naar type gebied en de Natura 2000-gebieden als bedoeld in artikel 1.1. van de Wet natuurbescherming binnen het aangevraagde gebied.	§4
1.3b.1, lid 1c	een beschrijving van de mijnbouwactiviteiten die reeds worden uitgevoerd of waartoe kenbare voornemens bestaan die mogelijk kunnen interfereren met de door de aanvrager voorgenomen opsporing en winning van aardwarmte, de aardlagen waarin die andere mijnbouwactiviteiten plaatsvinden of plaats zullen vinden, en de plaats van reeds aanwezige putten, zowel operationeel als buiten gebruik of buiten werking.	§4

1.3b.1, lid 1d	een beschrijving van de eerder voorgekomen natuurlijke en geïnduceerde seismiteit.	§7
1.3b.1, lid 1 ^e	een beschrijving van de breuken en de plaats daarvan.	§4
1.3b.1, lid 1f	een beschrijving van de geohydrologische status van het aangevraagde gebied.	§4
1.3b.1, lid 1g	een beschrijving van de hoeveelheid potentieel winbare warmte in het aangevraagde gebied, uitgedrukt in petajoule.	§9
1.3b.1, lid 1h	een beschrijving van het potentieel vermogen dat in het aangevraagde gebied kan worden bereikt, bij een waarschijnlijkheid van 50 procent en 90 procent, uitgedrukt in megawatt, een onderbouwing daarvan, en een vermogensverwachtingscurve.	§5
1.3b.1, lid 1i	een beschrijving van het doel, de omvang, uitgedrukt in petajoule, en de temperatuur van de voorgenomen afzet van warmte.	§9
1.3b.1, lid 1j	het plan voor de wijze waarop de aanvrager voornemens is te communiceren met de betrokkenen in de omgeving waar de mijnbouwactiviteiten zullen plaatsvinden.	§2
1.3b.1, lid 1k	de gegevens, opgenomen in bijlage 1a.	§2
1.3b.1, lid 2d	een beschrijving van de manier waarop de aanvraag past binnen provinciale of gemeentelijke beleidsplannen ten aanzien van aardwarmte voor het aangevraagde gebied.	§9
1.3b.1, lid 2f	de gegevens, bedoeld in bijlage 2a.	§2
1.3b.2, lid 1b, Mbr	een beschrijving van de lokale geologie.	§4
1.3b.2, lid 2a, Mbr	Een beschrijving van de opbouw en plaats van het beoogde reservoirinterval met een samenvatting van de bijbehorende geologische, geofysische en petrofysische studies.	§4
1.3b.2, lid 2b, Mbr	Een beschrijving van de verwachte temperatuur, druk, porositeit, mate van doorlaatbaarheid, het zoutgehalte en de afsluitende aardlagen van het beoogde reservoirinterval.	§4
1.3b.2, lid 2c, Mbr	Een opgave van de naam, functie en beoogde plaats binnen het aangevraagde gebied van de putten die zullen worden gebruikt voor de opsporing en winning van aardwarmte.	§6
1.3b.2, lid 2d, Mbr	Een beschrijving van het beoogde aantal vollasturen van de beoogde putten en een onderbouwing daarvan.	§5
1.3b.2, lid 2e, Mbr	Een beschrijving van de verwachte gemiddelde en maximale injectiedruk aan de oppervlakte en in het beoogde reservoirinterval per reservoirlaag, de verwachte gemiddelde en minimale injectietemperatuur en het verwachte gemiddelde en maximale debiet tijdens de winning.	§5
1.3b.2, lid 2f, Mbr	Een beschrijving en onderbouwing van de mate van afkoeling en de verwachte maximale afkoelingsgraad van de invloedssfeer, en de verwachte temperatuurdistributie in de beoogde reservoirlagen aan het eind van de winning gebaseerd op het beoogde gemiddelde en maximale debiet.	§4
1.3b.2, lid 2g, Mbr	Een beschrijving en onderbouwing van de verwachte interferentie met andere mijnbouwactiviteiten ten aanzien van de temperatuur en de druk in de beoogde reservoirlagen aan de hand van de verwachte temperatuurdistributie en drukdistributie in de beoogde reservoirlagen aan het eind van de winning gebaseerd op het beoogde gemiddelde en maximale debiet.	§4

1.3b.2, lid 2h, Mbr	Een op een geomechanische analyse gebaseerde onderbouwing waaruit blijkt of de integriteit van de afsluitende aardlagen is gewaarborgd aan de hand van de uiterste waarden van de productieparameters.	§5
1.3b.2, lid 2i, Mbr	Een beschrijving van de kenmerkende gegevens, maximale hoeveelheid en de concentratie van de hulpstoffen die worden gebruikt bij de opsporing en winning van aardwarmte.	§5
1.3b.2, lid 2j, Mbr	Een beschrijving van het putontwerp inclusief een figuur daarvan en van het beheerssysteem en beheersplan voor de putintegriteit die voldoen aan artikel 8.3.5.1.	§6
1.3b.2, lid 2k, Mbr	Indien het ontwerp van de put geen dubbele verbuizing ter hoogte van zoet- en brakwaterlagen bevat, een onderbouwing waaruit blijkt dat het ontwerp de putintegriteit ten minste even goed borgt als een dubbele verbuizing.	§6
1.3b.2, lid 2l, Mbr	Een beschrijving van de verwachte hoeveelheid delfstoffen die meekomen met de winning van aardwarmte en wat met deze delfstoffen zal worden gedaan.	§5
1.3b.2, lid 2m, Mbr	Een meerjarenprogramma waarin de te verrichten opsporings- en winningsactiviteiten worden beschreven, alsmede de technieken die daarbij worden gebruikt.	§5
1.3b.2, lid 2n, Mbr	een beschrijving en een cijfermatige onderbouwing van de verwachte opbrengsten van de winning van aardwarmte gedurende de verwachte looptijd van het project.	§8
1.3b.2, lid 2o, Mbr	Een beschrijving en een cijfermatige onderbouwing van de verwachte kosten gedurende de verwachte looptijd van het project en een beschrijving van de wijze waarop de aanvrager voornemens is deze kosten te financieren, uitgesplitst per projectfase ten aanzien van de kosten voor in elk geval: 1°. de te verrichten opsporings- en winningsactiviteiten die zijn opgenomen in het meerjarenprogramma als bedoeld in onderdeel m; 2°. investeringen en afschrijvingen; 3°. onderhoud, vervangingsinvesteringen en bedrijfsvoering; 4°. het buiten gebruik stellen van een boorgat en het verwijderen van het mijnbouwwerk; 5°. de bij de opsporing en winning behorende aansprakelijkheden; 6°. rentelasten en belastingen; 7°. onvoorziene omstandigheden	§8
1.3b.2, lid 2p, Mbr	De voor de ramingen, bedoeld in artikel 29v van het besluit, benodigde gegevens vergezeld van een cijfermatige onderbouwing en toelichting en de beoogde vorm van financiële zekerheid die zal worden gesteld, indien de aanvraag betrekking heeft op aardlagen die zich geheel of gedeeltelijk bevinden onder een gebied dat is aangewezen voor de winning van drinkwater uit grondwater	nvt
1.3b.2, lid 3a, Mbr	Een beschrijving van de verwachte mate van bodemdaling aan het einde van de winning waaruit de verwachte bodemdaling als gevolg van de voorgenomen opsporing en winning afzonderlijk en de cumulatieve bodemdaling in verband met andere mijnbouwactiviteiten blijkt.	§7
1.3b.2, lid 3b, Mbr	Een kaart waarop de bodemdalingscontouren als gevolg van de voorgenomen opsporing en winning met betrekking tot het aangevraagde gebied, de door de provinciale staten op grond van artikel 1.2, tweede lid, onderdeel a, van de Wet milieubeheer met het oog op de waterwinning aangewezen gebieden, en de Natura 2000-gebieden als bedoeld in artikel 1.1. van de Wet natuurbescherming zijn aangegeven.	§7
1.3b.2, lid 3c, Mbr	Een onderbouwing van de kans op schade door bodemdaling als gevolg van de voorgenomen opsporing en winning aan gebouwen of infrastructurele werken of de functionaliteit daarvan en aan natuur en milieu en een beschrijving van de omvang en aard daarvan	§7

1.3b.2, lid 3d, Mbr	Een seismische dreigings- en risicoanalyse van de bodemtrilling als gevolg van de voorgenomen opsporing en winning waarbij de natuurlijke bodemtrilling en de interferentie met andere mijnbouwactiviteiten worden meegenomen, en waaruit blijkt of aan de norm, bedoeld in artikel 29p, eerste lid, onderdeel a, van het besluit is voldaan.	§7
1.3b.2, lid 3e, Mbr	Een onderbouwing van de kans op schade door bodemtrilling als gevolg van de voorgenomen opsporing en winning aan gebouwen of infrastructurele werken of de functionaliteit daarvan en aan natuur en milieu en een beschrijving van de omvang en aard daarvan	§7
1.3b.2, lid 3f, Mbr	Een beschrijving van de wijze van monitoring van de mogelijke bodemtrilling.	§7
1.3b.2, lid 3g, Mbr	Het seismisch risico beheersplan waarin de wijze van handelen in het geval van bodemtrilling wordt beschreven, welke drempelwaarden worden gehanteerd voor het nemen van maatregelen en welke maatregelen in dat geval worden genomen.	§7
1.3b.2, lid 4, Mbr	De bron, de wijze van interpretatie en de daarbij gehanteerde onzekerheidsanalyses, voor zover van toepassing, van de gegevens, bedoeld in het eerste tot en met het derde lid.	alle
1.3b.2, lid 5, Mbr	Een figuur van de dwarsdoorsnede van de ondergrond welke een weergave bevat van de plaats en wijze waarop het formatiewater in en uit de verbuizing treedt en van de gegevens, bedoeld in het eerste lid, onderdeel b, tweede lid, onderdeel a, en artikel 1.3b.1, eerste lid, onderdelen a, b en c, en tweede lid, onderdeel e.	§4

2. Inleiding op de aanvraag

2.1 Doel van de aanvraag

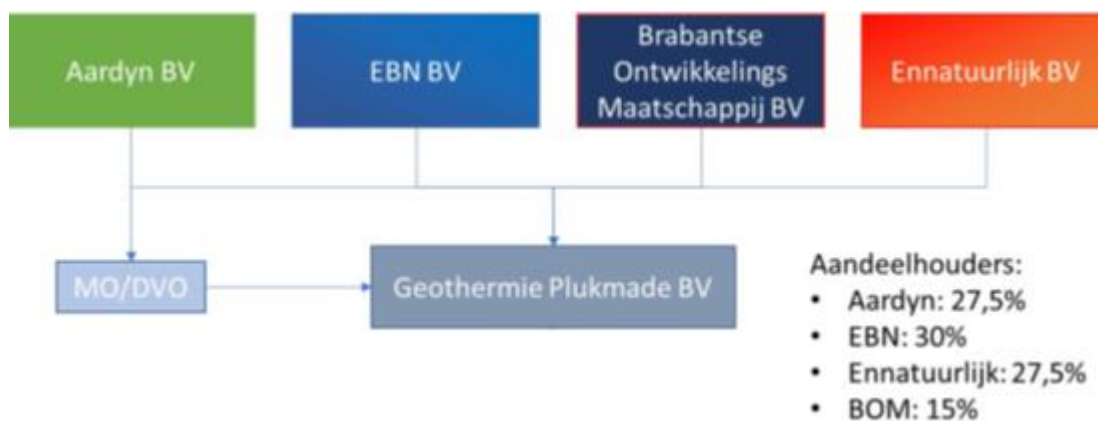
De onderhavige aanvraag startvergunning heeft tot doel om onder het wettelijk kader van de Mijnbouwwet van het Ministerie van Klimaat en Groene Groei toestemming te krijgen voor het realiseren van een aardwarmte doublet, en met dat doublet aardwarmte te winnen, ten behoeve van het leveren van aardwarmte aan het warmtenet van Ennatuurlijk. Naast de startvergunning zal er ook een omgevingsvergunning worden aangevraagd voor het realiseren en het exploiteren van het mijnbouwwerk.

2.2 Vergunningsduur

De startvergunning heeft een in de Mijnbouwwet vastgestelde duur van twee jaar, welke na verkrijgen van de vergunning op verzoek eenmalig met één jaar kan worden verlengd. De omvang van het vergunningsgebied is gebaseerd op winning met het doublet voor een duur van 30 jaar. Voor deze langere termijn zal na het verkrijgen van de startvergunning en na een korte periode van winning een vervolvergunning worden aangevraagd.

2.3 Organisatie en algemene gegevens van de aanvrager

GPM is enig houder van het zoekgebied aardwarmte Made 2 en enig aanvrager van de startvergunning. GPM is een consortium bestaande uit vier aandeelhouders: Ennatuurlijk B.V., Brabantse Ontwikkelings Maatschappij B.V., EBN B.V. en Aardyn B.V. (hierna: Aardyn). Het organogram en verdeling van aandelen is weergegeven in figuur 2.1.



Figuur 2.1 Organogram Geothermie Plukmade B.V.

Het Kvk-nummer van GPM is 65345983. Het Kvk-uitreksel is toegevoegd in bijlage 1a. Statuten zijn toegevoegd in bijlage 1c.

Tussen GPM en Aardyn is een "Dienstverleningsovereenkomst" gesloten op 16 december 2020 (zie bijlage 12) en zal er een "Operations & Technical Management Contract" gesloten worden wanneer de realisatie van het project dichterbij komt voor een periode van 16 jaar met hierna telkenmale een automatische verlenging van 1 jaar.

2.4 Communicatieplan

Een half jaar voor het aanvragen van de startvergunning is gestart met een brede canvassessie in het gebied om aandachtspunten en zorgen te identificeren. Er is gesproken met een brede stakeholder groep en op basis van de interviews is er een macro, meso en micro analyse uitgevoerd.

Vervolgens is er 23 september j.l. een kennismakingsbijeenkomst georganiseerd voor geïnteresseerden en stakeholders om een eerste indruk te krijgen van het project en om vragen en aanbevelingen achter te laten. Naast GPM waren ook de Gemeente Drimmelen, Brabantse Ontwikkelingsmaatschappij, Ennatuurlijk (als warmteafnemer) en Geothermie Nederland aanwezig om hun boodschap te delen. Verder was er informatie beschikbaar van het Ministerie van Klimaat en Groene Groei en EBN.

GPM heeft een website waarop belangrijke ontwikkelingen voor de omgeving worden gepubliceerd (geothermie-plukmade.nl) Op de contactpagina staan gegevens hoe GPM bereikt kan worden. Hier is onder andere een veelgestelde vragen lijst te vinden en een mogelijkheid om aanvullende vragen te stellen. Ook is op de website een omschrijving te vinden van het project, zodat geïnteresseerden een beeld kunnen krijgen van de aardwarmte installatie.

Voorafgaand aan de inzage periode van vergunningen en realisatie zullen er door GPM aanvullende bijeenkomsten georganiseerd worden. Op het moment dat er in de toekomst grote werkzaamheden gepland worden die overlast voor omwonenden zouden kunnen veroorzaken zal een gedegen communicatieplan worden opgesteld. Aardyn heeft hier ervaring mee bij verschillende andere aardwarmteprojecten.

2.5 Ervaring van de aanvrager

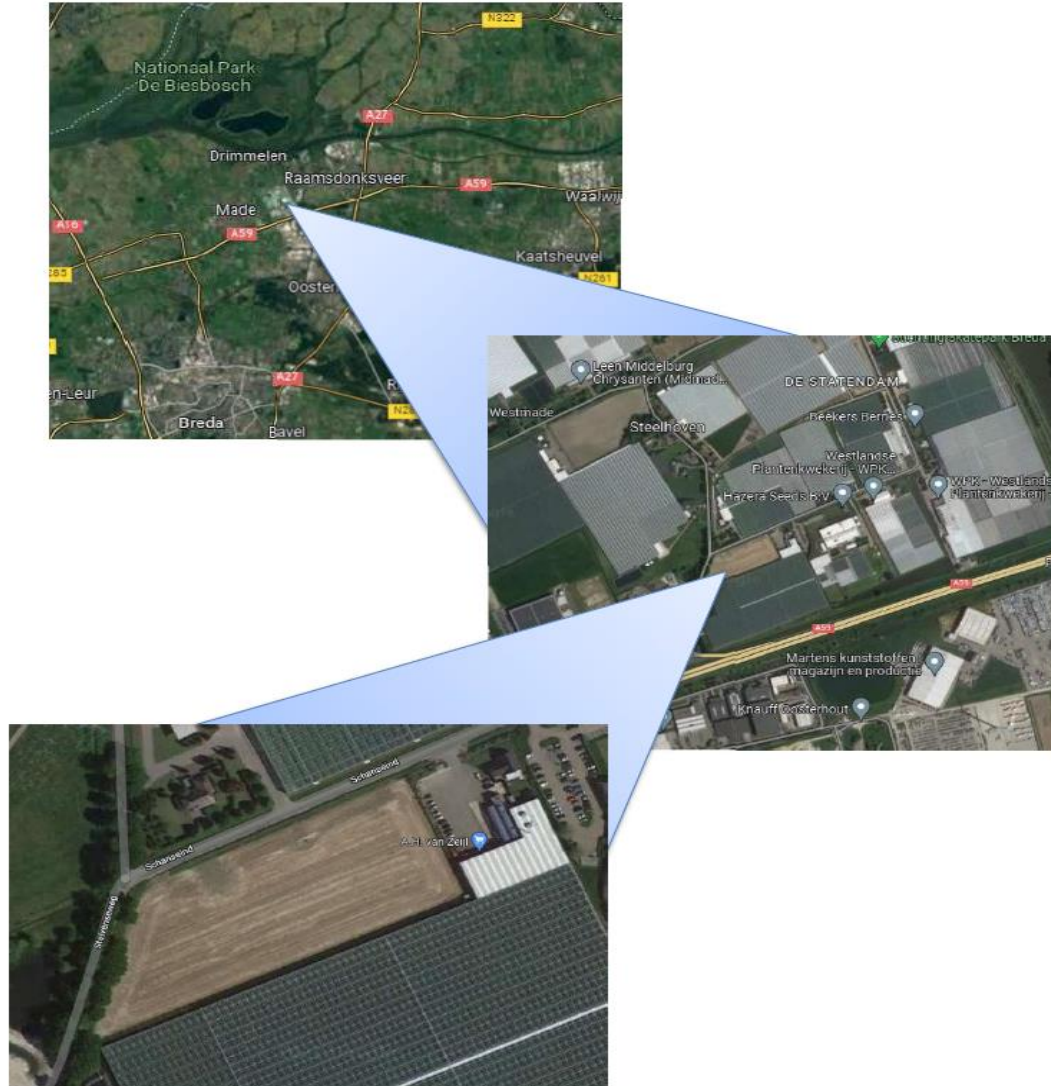
GPM is houder van de toewijzing zoekgebied aardwarmte Made 2. De aandeelhouders in GPM hebben omvangrijke ervaring met de ontwikkeling en uitvoering van mijnbouwwerkzaamheden binnen Nederland.

Aardyn is mede-vergunninghouder in de startvergunningen aardwarmte Oostvoorne en Den Haag, en mede-vergunninghouder in de vervolgv vergunning aardwarmte Vierpolders. Aardyn is daarnaast aandeelhouder in het consortium Geothermie Delft B.V., houder van de startvergunning aardwarmte Delft. In deze vier projecten is Aardyn uitvoerder. Binnen elk van deze vier vergunningen is een geothermisch doublet gerealiseerd.

EBN B.V. is als staatsdeelneming betrokken in talrijke koolwaterstofprojecten. EBN B.V. is opgericht om als publiek bedrijf de maatschappelijke en economische belangen in de Nederlandse ondergrond te behartigen. Daarnaast is EBN B.V. als niet-uitvoerend partner betrokken in verschillende aardwarmteprojecten waarbij zij financieel en risicodragend deelneemt in alle activiteiten die samenhangen met de opsporing en winning van aardwarmte. In het kader van het SCAN project brengt EBN de Nederlandse ondergrond in kaart door middel van het uitvoeren van een seismische campagne en het uitvoeren van onderzoeksboringen.

3. Locatie van de aanvraag

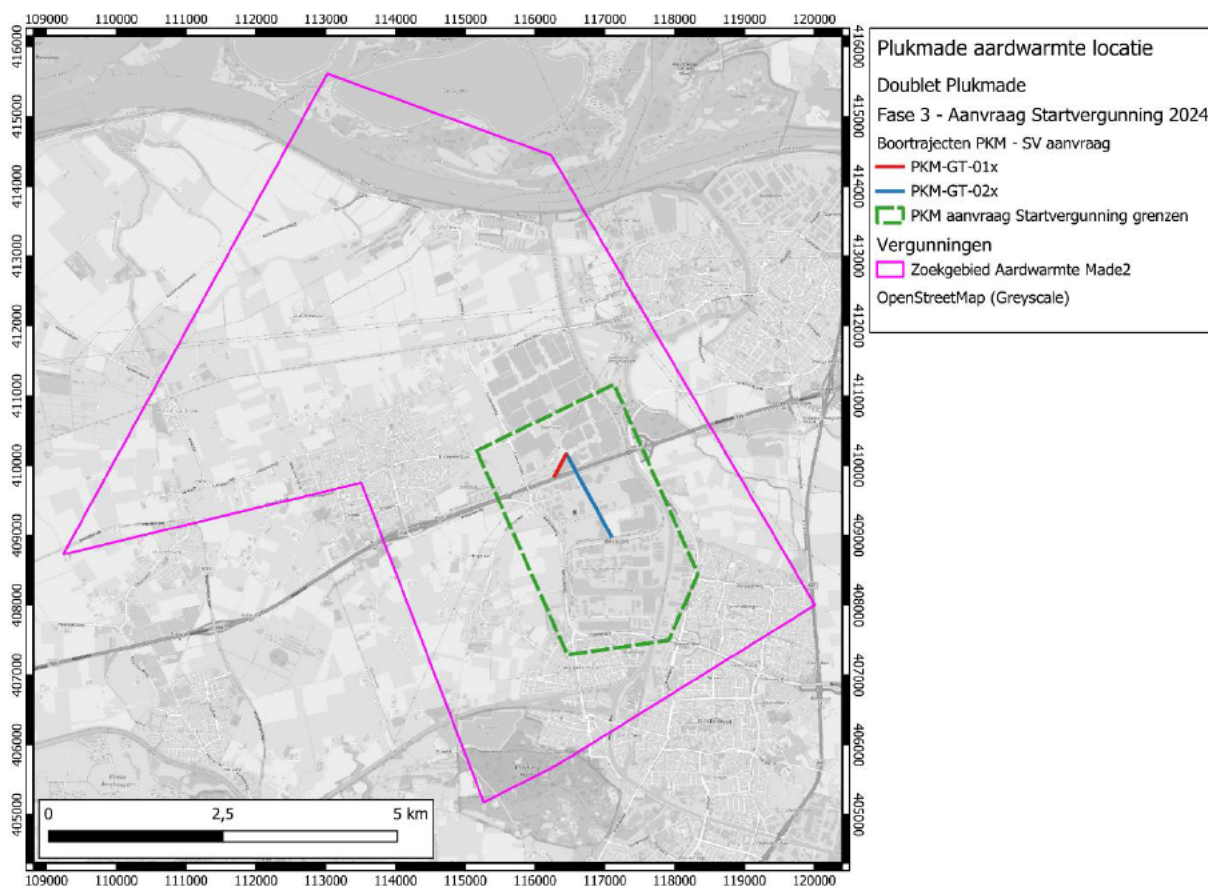
De beoogde aardwarmtelocatie bevindt zich ter hoogte van Schanseind 31, 4921 PM in Made. Dat is in de buurt van de warmteleiding van het Amernet richting Breda. De locatie is momenteel een grasperceel gelegen in kassengebied. De aardwarmtelocatie is weergegeven in figuur 3.1.



Figuur 3.1 Aardwarmtelocatie.

Het oppervlak van het aangevraagde gebied van de startvergunning is weergegeven in figuur 3.2. Het aangevraagde gebied is zo gekozen dat winning uit het beoogde doublet voor een periode van 30 jaar plaats kan vinden binnen de vergunningsgrenzen. De coördinaten van de vijf hoekpunten zijn weergegeven in tabel 3.1. De oppervlakte van het aangevraagde gebied is 7.37 km². Het gebied is gelegen in de gemeenten Drimmelen, Oosterhout en Geertruidenberg, in de provincie Noord-Brabant, binnen het werkgebied van het waterschap Brabantse Delta.

De bovengrens van het aangevraagde gebied is de top van de Boven-Germaanse Trias Groep (RN). De ondergrens van het aangevraagde gebied is de top van de Zechstein Groep (ZE).



Figuur 3.2 Locatie van het aangevraagde gebied startvergunning Made I.

Punt	X (RD)	Y (RD)
1	117130.2	411161.3
2	118333.6	408445.0
3	117914.1	407496.1
4	116464.3	407288.4
5	115163.2	410212.4

Tabel 3.1 Coördinaten gebied aanvraag startvergunning Made I.

4. Ondergrond van het aangevraagde gebied

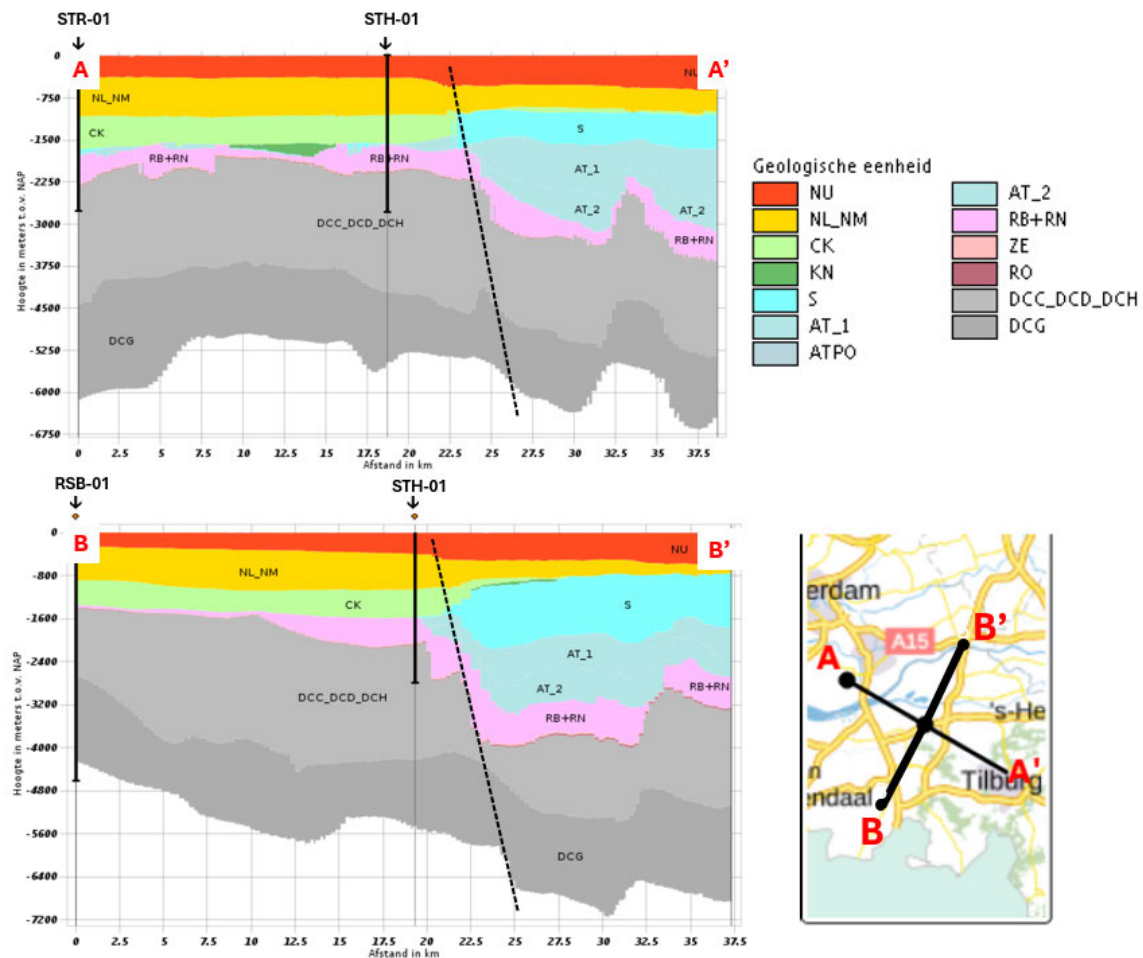
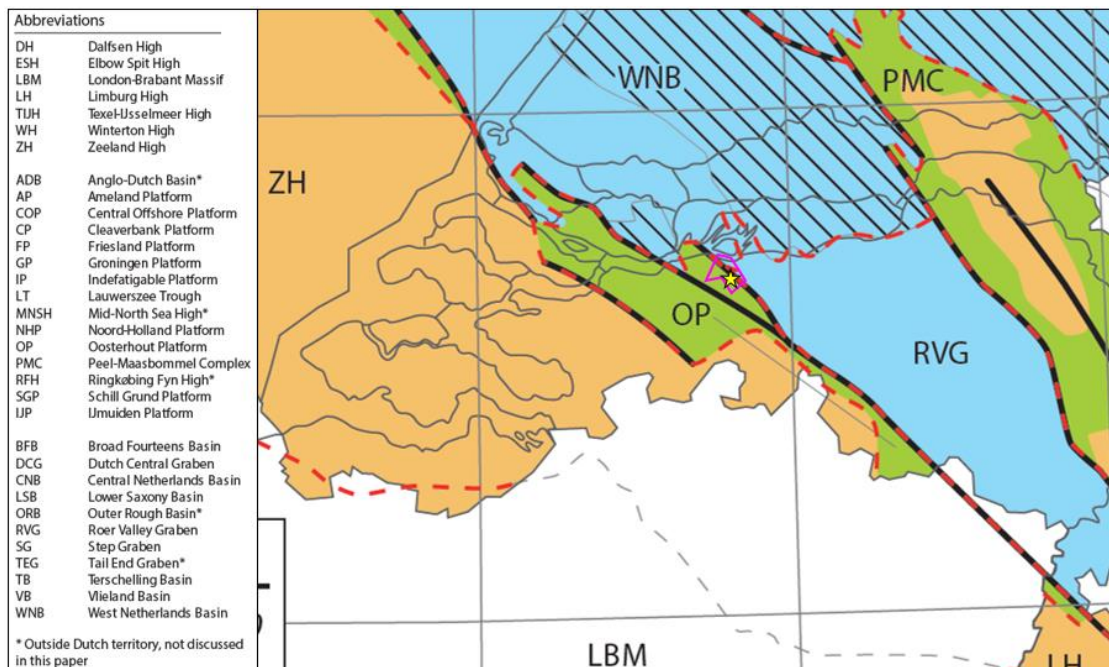
4.1 Geologische beschrijving van het reservoir

Het beoogde reservoir bestaat uit zandstenen van de Hoofd-Bontzandsteen Subgroep (RBM) van Trias ouderdom die zich op een diepte van ongeveer 1700 tot 1900 m bevinden. Meer specifiek gaat het om de Formatie van Hardeggen (RBMH) en Formatie van Detfurth (RBMD) zandstenen. Structureel gezien maken de zandstenen op deze locatie onderdeel uit van het Oosterhout Platform. Het Oosterhout platform wordt begrensd door het noordwestelijk gelegen West-Nederlands bekken en de oostelijk gelegen. Ze worden gescheiden van de Roerdalslenk door de Gilze-Rijen breuk die hier de westelijke begrenzing van de Roerdalslenk vormt. Erosie heeft er op het Oosterhout Platform toe geleid dat het Trias bedekt wordt door Boven Krijt afzettingen. Op de projectlocatie is het Boven Trias grotendeels aanwezig en wordt de gehele Hoofd-Bontzandsteen afzetting verwacht. Op basis van de geïnterpreteerde data is de verwachte stratigrafie weergegeven in Tabel 4.1. De geologische interpretatie is gebaseerd op bevindingen in de Steelhoven-01 put, een bestaande diepboring op 550 meter afstand van de Plukmade projectlocatie, en seismische interpretatie. Seismische dekking bestaat uit herbewerkte 2D lijnen en twee nieuw geacquireerde 2D-lijnen uit het SCAN programma. De top reservoir dieptekaart en drie seismische doorsneden zijn gegeven in figuren 4.2 t/m 4.5. Op basis van de rapporten uit Tabel 4.1 zijn de geologische stratigrafie en de gesteente karakteristieken afgeleid.

Het reservoirinterval wordt aan de bovenkant afgesloten door een ondoorlatend deel van het Solling Kleisteen Laagpakket (RNSOC), de Onder-Röt Randkleisteen Laagpakket (RNROL), de Boven-Röt Randkleisteen Laagpakket (RNROY) en de Onder-Muschelkalk Laagpakket (RNMUL) die hier uit kleisteen bestaan. Aan de onderkant vormen de Rogenstein Formatie (RBSR) en de Hoofd-Kleisteen Formatie (RBSM) de afsluitende laag. Deze bestaat direct onder het reservoir uit kleisteen en wat dieper uit oölitische kalksteen. De afsluitende lagen zijn petrofysisch geëvalueerd in de STH-01 put (bijlage 2).

De bovengrens van het aangevraagde gebied is de top van de Boven-Germaanse Trias Groep (RN). In en rondom het vergunningsgebied heeft de basis Krijtkalk discordantie wisselende delen van de Trias gesteenten geërodeerd, waardoor in de STH-01 put de top Trias het Onder-Muschelkalk Laagpakket (RNMUL) is. In de PKM putten zal dit waarschijnlijk ook zo zijn, maar het is ook mogelijk dat er een andere gesteentelaag de top van het Trias representeert.

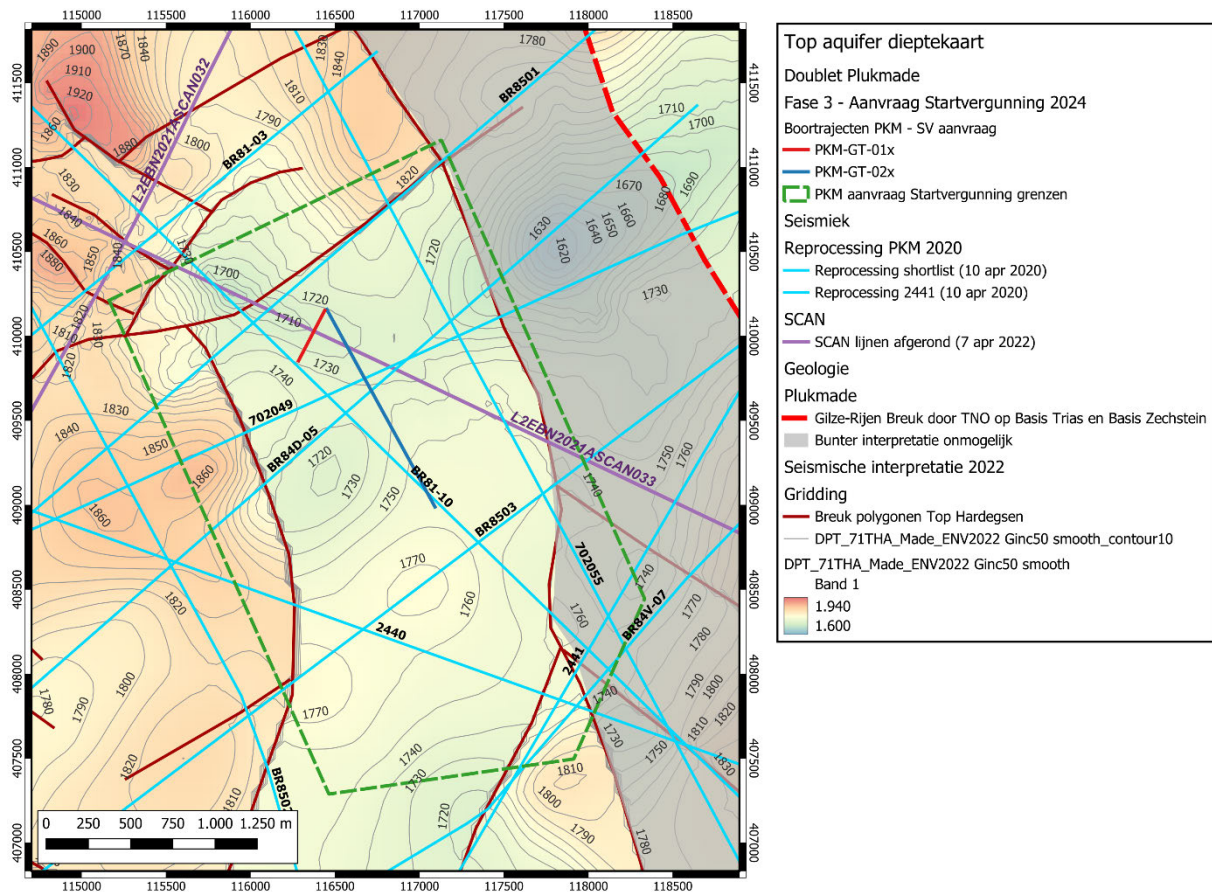
De ondergrens van het aangevraagde gebied is de top van de Zechstein Groep (ZE), wat in het vergunningsgebied gelijk valt met de basis van de Boven-Germaanse Trias Groep (RN).



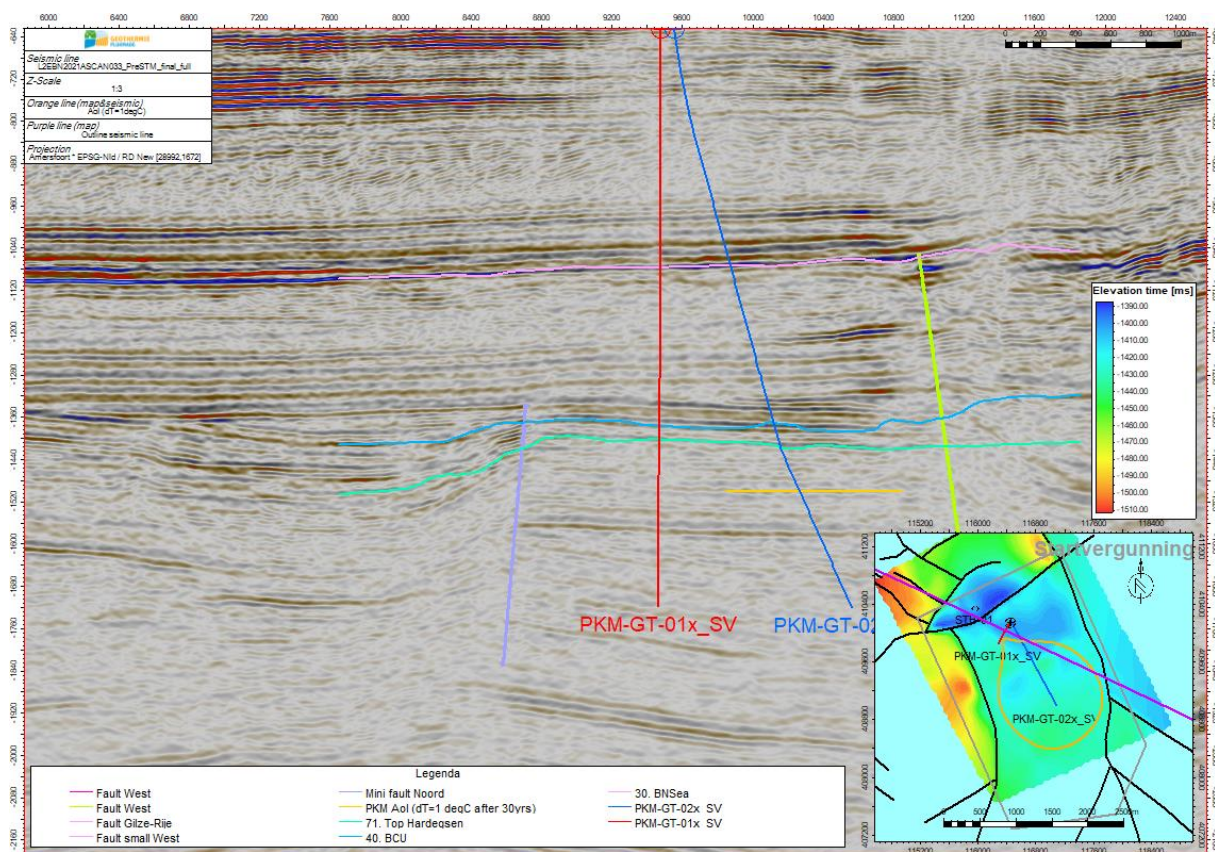
Figuur 4.1 Boven: NW-ZO en ZW-NO geologische dwarsdoorsneden door het DGMdiep model van TNO. STH-01 is een belangrijke referentieput, vlakbij het geplande doublet. De Gilze-Rijen breuk is schematisch ingetekend met een stippellijn. Onder: De ligging van de projectlocatie (gele ster) op het Oosterhout Platform (Kombrink et al, 2012).

Lithostratigrafische kolom						
Era	Periode	Groep	Subgroep	Formatie	Member	Lithologie, hoofdzakelijk
Cenozoïcum	Kwartair	Boven Noordzee		Boxtel, Kreftenheye, Sterksel, Stamproy, Waalre, Peize-Waarle		Zand en klei
				Maassluis		Zand
				Oosterhout		Zand
				Breda		Klei
	Neogeen	Midden Noordzee		Veldhoven	Wintelre	Klei
				Rupel	Boom	Kleisteel
					Berg	Zandsteen
		Onder Noordzee		Dongen	Asse	Kleisteel
					Brussels Zand	Zandsteen
					Ieper	Kleisteel
Mesozoïcum	Krijt	Krijtkalk		Ommelanden		Kalksteen
				Muschelkalk	Onder Muschelkalk	Dolomitische kleisteel
				Röt	Boven Röt Fringe Kleisteel	Kleisteel
					Röt Fringe Zandsteen	Zandsteen
					Onder Röt Fringe Kleisteel	Kleisteel
				Solling	Solling Kleisteel	Kleisteel
					Basale Soling Zandsteen	Zandsteen
		Onder Germaanse Trias	Hoofd Bontzandsteen	Hardeggen		Zandsteen
				Detfurth	Boven Detfurth Zandsteen	Zandsteen
					Onder Detfurth Zandsteen	Zandsteen
				Volpriehausen	Boven Volpriehausen Zandsteen	Zandsteen
					Onder Volpriehausen Zandsteen	Zandsteen
	Trias	Onder Germaanse Trias	Onder Bontzandsteen	Rogenstein		Kleisteel
				Hoofd Kleisteel		Kleisteel en Zandsteen
Paleozoïcum	Perm	Zechstein		Zechstein Boven Kleisteel		Kleisteel
				Z1 (Werra)	Z1 Onder Kleisteel	Kleisteel
		Boven Rotliegend		Slochteren		Zandsteen
	Carboon	Limburg	Hunze	Strijen		Kleisteel en Zandsteen
			Dinkel	Hellevoetsluis		Kleisteel en Zandsteen

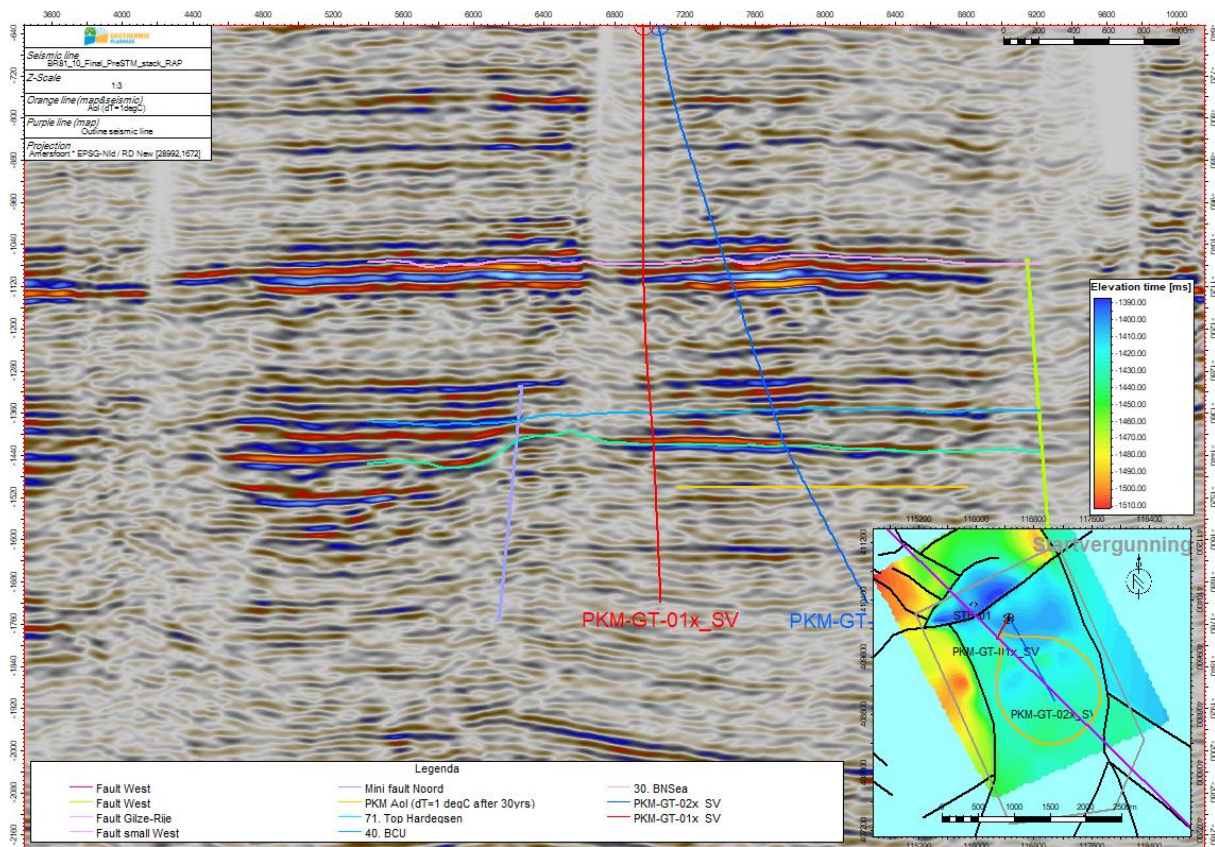
Tabel 4.1 Verwachte stratigrafie in het aangevraagde gebied. De zanden van de Hoofd Bontzandsteen (geel gemarkeerd) vormen het beoogde reservoir.



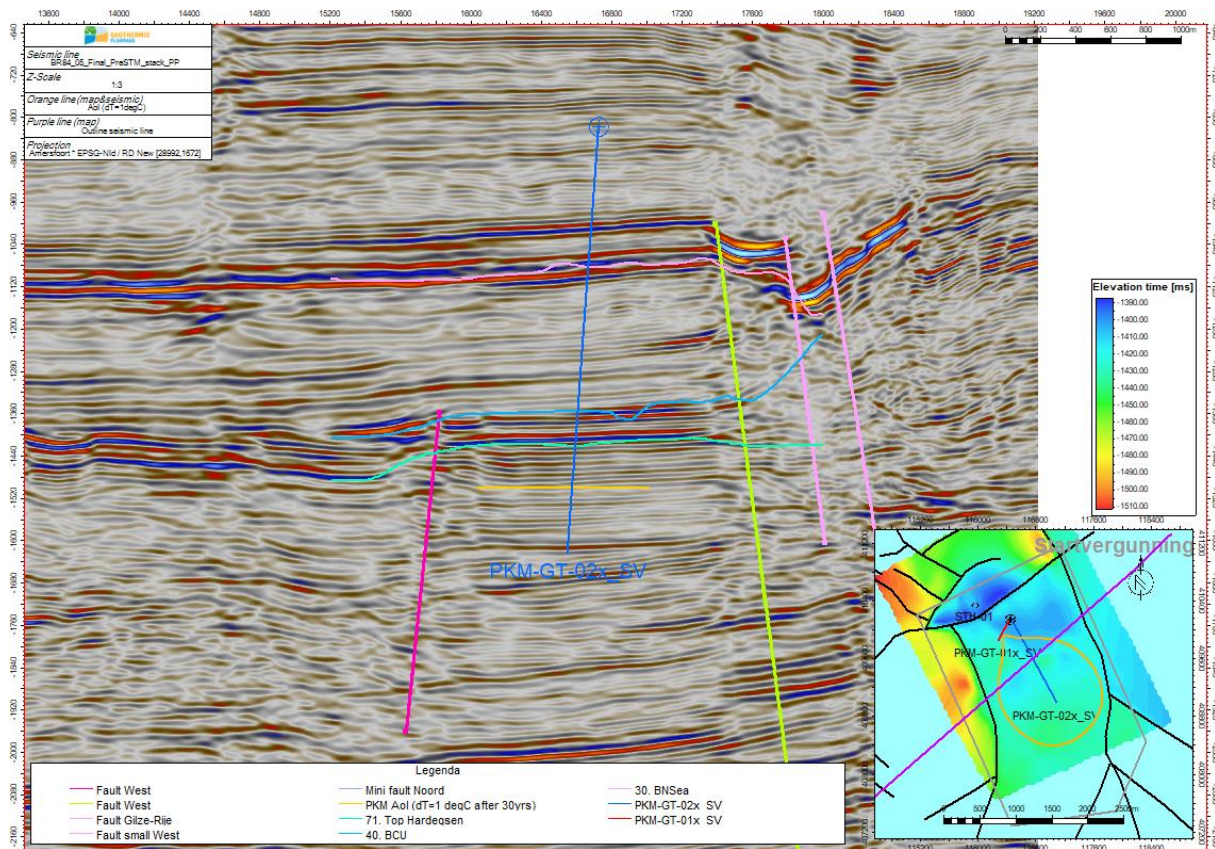
Figuur 4.2 Dieptekaart van top Hoofdbontzandsteen (top reservoir), met breuken in rood. Blauwe (reprocessed) en paarse (nieuwe acquisitie SCAN) lijnen geven seismische 2D dekking weer. Het grijze vlak op de kaart betreft een gebied tussen het target breukblok en de Gilze Rijen breuk waar de kwaliteit van de beschikbare seismische data het niet toestaat om de Hoofd Bontzandsteen met enige zekerheid in kaart te brengen. PKM-GT-01 (productieput) in rood, PKM-GT-02 (injectieput) in blauw. Polygoon van aangevraagde startvergunning in groen.



Figuur 4.3 NW-ZO seismische doorsnede langs 2D lijn L2EBN2021ASCAN033. BNSea = Basis Noordzee Supergroep, BCU = Basis Krijt discordantie (Base Cretaceous Unconformity), Top Hardegsen = top reservoir. Op het kaartje staan de grenzen van de aangevraagde startvergunning in grijs, de seismische lijn in paars, de breukpolygoenen in zwart, productieput PKM-GT-01 in rood, injectieput PKM-GT-02 in blauw, de GT-AoI na 30 jaar in oranje (ook geprojecteerd op de seismische doorsnede) en de top Hardegsen TWT diepte kaart in regenboogkleuren. De weergegeven puttrajecten zijn projecties van het 3D traject op een 2D lijn en representeren dus een grove benadering waar de put daadwerkelijk de reflectoren doorkruist.



Figuur 4.4 NW-ZO seismische doorsnede langs 2D lijn BR81-10 BNSea = Basis Noordzee Supergroep, BCU = Basis Krijt discordantie (Base Cretaceous Unconformity), Top Hardegens = top reservoir. Op het kaartje staan de grenzen van de aangevraagde Startvergunning in grijs, de seismische lijn in paars, de breukpolygonen in zwart, productieput PKM-GT-01 in rood, injectieput PKM-GT-02 in blauw, de GT-AoI na 30 jaar in oranje (ook geprojecteerd op de seismische doorsnede) en de top Hardegens TWT dieptekaart in regenboogkleuren. De weergegeven puttrajecten zijn projecties van het 3D traject op een 2D lijn en representeren dus een grove benadering waar de put daadwerkelijk de reflectoren doorkruist.



Figuur 4.5 ZW-NO seismische doorsnede langs 2D lijn BR84D-05. BNSea = Basis Noordzee Supergroep, BCU = Basis Krijt discordantie (Base Cretaceous Unconformity), Top Hardegsen = top reservoir. Op het kaartje staan de grenzen van de aangevraagde Startvergunning in grijs, de seismische lijn in paars, de breukpolygonen in zwart, injectieput PKM-GT-02 in blauw, de GT-AoI na 30 jaar in oranje (ook geprojecteerd op de seismische doorsnede) en de top Hardegsen TWT dieptekaart in regenboogkleuren. De weergegeven puttrajecten zijn projecties van het 3D traject op een 2D lijn en representeren dus een grove benadering waar de put daadwerkelijk de reflectoren doorkruist.

Rapport	Auteur	Jaar	Gebruikt voor	Bestandsnaam
Petrophysics and Cuttings Analysis for the Röt Sandstone and Main Buntsandstein near Made	Panterra	jul-19	SDE+ aanvraag 2019	Bijlage 2 - 1900236_PanTerra petrophysics and cuttings_20190730.pdf
The possibility and Origin of Dissolved Gas in Hot Formation Water Near Made Area	Panterra	aug-19	SDE+ aanvraag 2019	Bijlage 3 - The possibility and Origin of Dissolved Gas in Hot Formation Water Near Made Area
GEOTHERMIE PLUKMADE - Geologische evaluatie t.b.v. Geothermie Doublet Plukmade SDE+	Aardyn	okt-19	SDE+ aanvraag 2019	Bijlage 4 - 191017_SO19_Plukmade geologische evaluatie.pdf en Bijlage 5 - Bijlagen geologische evaluatie.pdf
Addendum Plukmade Geothermie Doublet 2 – PKM-GT-03 en PKM-GT-04	Aardyn en Ennatuurlijk	sep-19	SDE+ aanvraag 2022	Bijlage 6 - Geologisch Addendum Geothermie Plukmade 2.pdf
Update seismische interpretatie na acquisitie van SCAN lijnen	Peter Veenhof	dec-22		Bijlage 7 - 221209 Plukmade Seismic Int postSCAN ENVeenhof Aardyn final.pdf
HCRA Plukmade	Aardyn	jun-24	Voorbereiding boren	Bijlage 9 240627_HCRA Plukmade
Geohydrologisch rapport Geothermielocatie Plukmade	Antea Group	aug-24	Voorbereiding boren	Bijlage 10 20240805-0482848-rap-Geothermie Plukmade BV-Geohydrologisch rapport geothermielocatie Plukmade-versie0A.pdf

Tabel 4.1 Overzicht van rapportages met geologische onderbouwing voor de verwachte geologische karakteristieken.

4.2 Reservoirkarakterisatie

De verwachte reservoir eigenschappen staan in Tabel 4.2.

Parameter	Lage waarde	Midden waarde	Hoge waarde
Diepte top reservoir (mTVD)	1676	1724	1771
Diepte basis reservoir (mTVD)	1802	1850	1897
Bruto dikte (m)	96	126	156
Netto-bruto verhouding (%)	93%	97%	99%
Gemiddelde porositeit (%)	17.0%	21.0%	23.0%
Gemiddelde permeabiliteit (mD)	180	520	2156
Kh/Kv		10	
Saliniteit (ppm)	60000	87400	114000
Geothermische gradiënt (°C/km)	0.0269	0.0299	0.0329
Surface temperatuur (°C)		10	

Tabel 4.2 Verwachte reservoir eigenschappen.

4.3 Samenstelling en karakteristieken formatiewater

Er zijn geen watermonsters genomen in nabijgelegen putten. De verwachte watersamenstelling wordt gebaseerd op formatiewater analyses uitgevoerd op monsters uit de Vierpolders en Oostvoorne doubletten, welke uit een geologisch vergelijkbare ondergrond produceren. Een

overzicht staat in Tabel 4.3. Het verwachte zoutgehalte is afgeleid van de logdata van STH-01 door middel van Pickett plot analyse en bedraagt 87400 ppm.

Parameter	Dichtheid @ 20°C	Unit
Ionchromatographic analysis	10.861	kg/l
Sulphate as SO ₄ ²⁻	297	mg/l
Total Suspended Solids (>0.8µm)	37	mg/kg
Total suspended solids (> 5 µm)	<2.0	mg/kg
Total Dissolved Solids	146500	mg/kg
pH @20°C	5.7	-
Bicarbonate as HCO ₃	268	mg/l
Carbonate as CO ₃	<2.5	mg/l
Electrical conductivity at 20°C	168	mS/cm
Aluminium	<100	µg/l
Barium as Ba	4,2	mg/l
Calcium as Ca	4092	mg/l
Chromium	<0.1	mg/l
Iron as Fe	14	mg/l
Magnesium as Mg	790	mg/l
Manganese as Mn	1	mg/l
Potassium as K	635	mg/l
Silicium	27	mg/l
Sodium as Na	43000	mg/l
Strontium as Sr	403	mg/l
Lead as Pb	<1	mg/l
Phosphorous as P	<1	mg/l

Tabel 4.3 Verwachte formatiewater karakteristieken gebaseerd op Vierpolders (monster maart 2020) en Oostvoorne (monster februari 2023), welke beiden tevens uit het Trias produceren.

Het is de verwachting dat er gas in oplossing kan zitten in het formatiewater. Zoals beschreven in de *Hydrocarbon Risk Analysis* (bijlage 9) wordt voor nu uitgegaan van ~0.86 m³ gas per 1 m³ formatiewater.

In een straal van 60 km rondom Made zijn acht putten geboord waarin de gassamenstelling is gemeten. In tabel 4.4 kan het overzicht van de meetwaarden voor deze putten worden gevonden. In de onderste rij is een gemiddelde berekend die de verwachte samenstelling van het opgeloste gas in het Plukmade reservoir omschrijft. De WED-01 put is niet meegenomen bij het berekenen van het gemiddelde omdat hier abnormaal hoge CO₂ waarden zijn gemeten die verklaard kunnen worden door de historische vulkanische activiteit in dat gebied. Er wordt geen H₂S verwacht. Een goede inschatting maken van het *bubble point* is moeilijk met de huidige data. Tijdens de puttest zal een monster worden genomen waaruit deze waarde bepaald kan worden. Het gas wordt bij normaal bedrijf ontgast 8 bar. Het geproduceerde gas wordt benut via een gasketel en/of warmtekrachtkoppeling.

Put naam	CO ₂	N ₂	H ₂ S	C ₁ (methaan)	C ₂ (ethaan)	C ₃ (propaan)	C ₄ +
AND-06	2.6	2.5	0	91.9	2.3	0.4	0.3
BRAK-01	1.9	2.3	0	91.7	2.6	0.6	0.9
BRTZ-01	0.8	0.9	0	93.9	3.2	0.7	0.5
KWK-01	1.5	3.1	0	90.8	2.8	0.8	1.1
RDK-01	1.9	1.2	0	89.8	5	1.2	1
WED-01	77.1	2.3	0	19.6	0.5	0.2	0.3
WWK-01	1.4	0.2	0	92.2	4.3	1.1	0.8
WWS-01-S1	1.6	1.6	0	87.8	5.4	1.6	2.1
Gemiddelde voor Plukmade	1.7	1.7	0.0	91.2	3.7	0.9	1.0

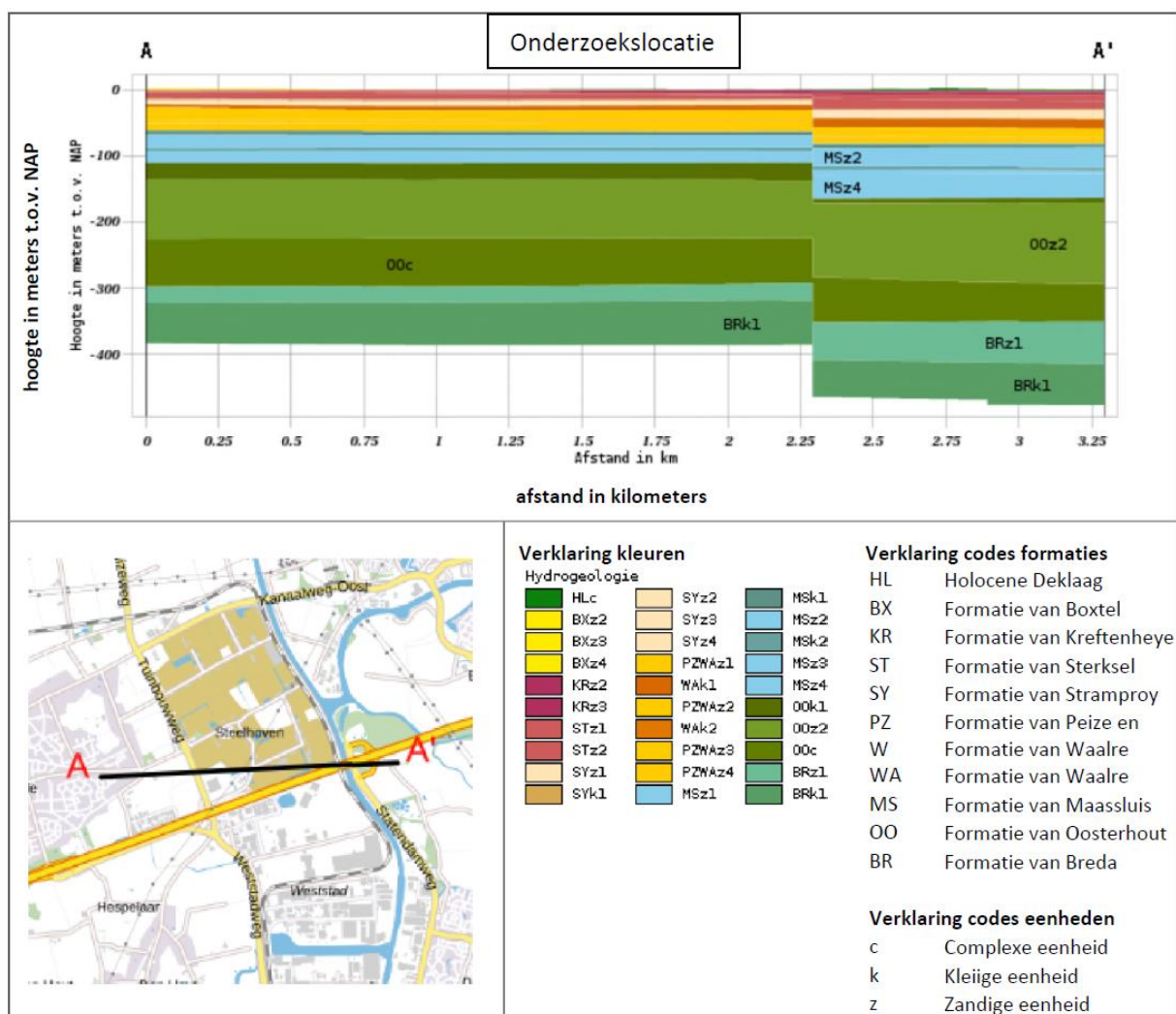
Tabel 4.4 Gas samenstelling van de putten binnen een straal van 60 km van Made waarin de gassamenstelling is gemeten.

4.4 Geohydrologie in het gebied

Een uitgebreid geohydrologisch rapport voor de geothermielocatie Plukmade is opgenomen in bijlage 10. Figuur 4.6 toont de geohydrologische bodemopbouw. In Tabel 4.5 staan de doorlatendheden van deze lagen waarbij watervoerende lagen geel zijn gemarkeerd en scheidende lagen groen. Verwacht wordt dat het brak-zout grensvlak aanwezig is op 200-300 meter diepte in de Formatie van Breda (bron: grondwatertools.nl).

Bijlage 10 beschrijft de eerste drie watervoerende pakketten. Op de locatie wordt geen holocene deklaag verwacht; de formaties van Boxtel, Kreftenheye en Sterksel betreffen zowel het freatische als het eerste watervoerende pakket. De grondwaterstroming van het eerste watervoerende pakket is westelijk gericht. De gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) ter plaatse van de boorlocatie wordt verwacht op +0,5 NAP, de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) op -0.5m NAP. De maaiveldhoogte ligt op +0,9m NAP.

Uit de digitale kaartlaag 'Grondwaterbeschermingskaart rondom bronnen voor drinkwater' uit de Atlas Leefomgeving blijkt dat binnen het aangevraagde gebied geen grondwaterbeschermingsgebieden en/of waterwingebieden aanwezig zijn.



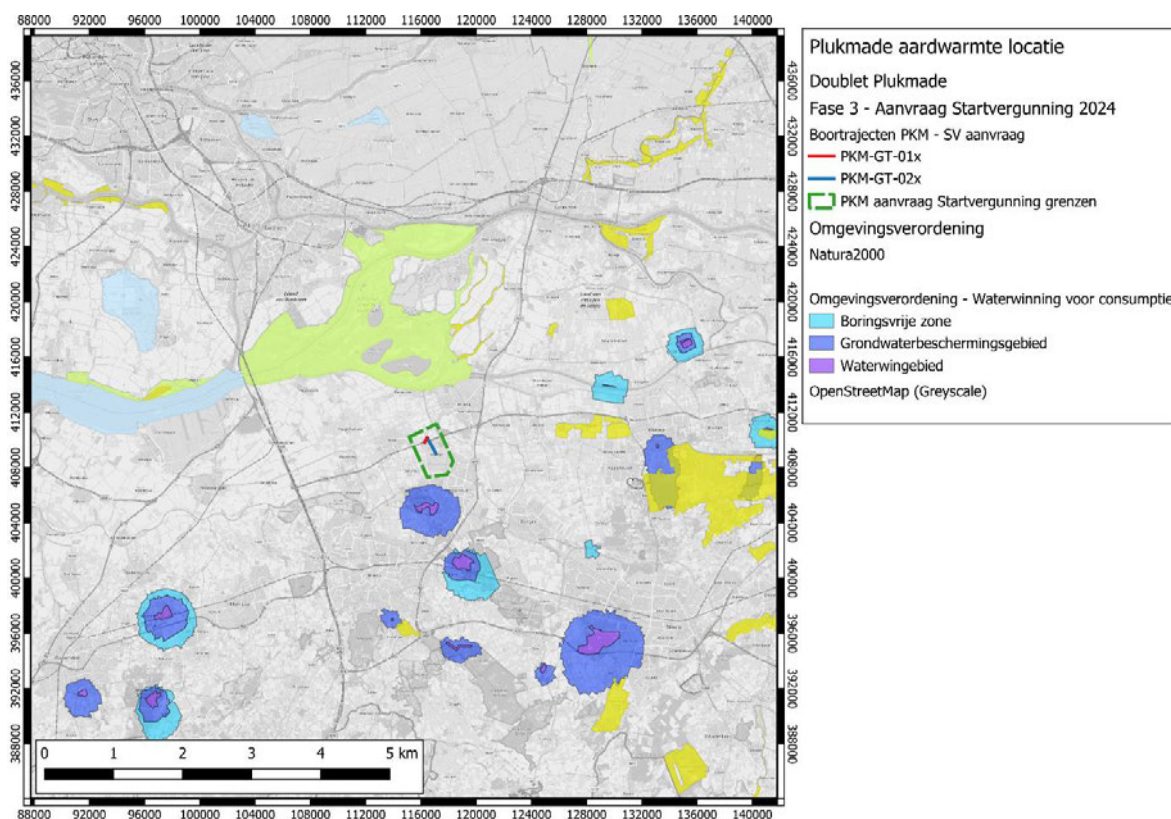
Figuur 4.6 Hydrogeologisch profiel volgens REGIS (bron: DINOloket, REGIS II.v2.2.1).

Formatie	Diepte	k_h	k_D	k_v	c
	(m NAP)	(m/dag)	(m ² /dag)	(m/dag)	(dagen)
Holoceen (complex)	+1,0 tot -0,1	-	-	-	-
Boxtel (zand)	-0,1 tot -0,7	5-10	3-6	-	-
Kreftenheye (zand)	-0,7 tot -4,8	25-50	125-300	-	-
Sterksel (zand)	-4,8 tot -14,5	25-50	300-600	-	-
Stramproy (klei)	-14,5 tot -16,4	-	-	0,01-0,05	50-100
Stramproy (zand)	-16,4 tot -23,7	10-25	75-150	-	-
Waalre (klei)	-23,7 tot -30,8	-	-	0,005-0,01	500-1.000
Peize en Waalre (zand)	-30,8 tot -44,9	10-25	100-250	-	-
Waalre (klei)	-44,9 tot -46,2	-	-	0,01-0,05	50-100
Peize en Waalre (zand)	-46,2 tot -62,6	5-10	150-350	-	-
Maassluis (klei)	-62,6 tot -69,2	-	-	0,001-0,005	1.000-5.000
Maassluis (zand)	-69,2 tot -86,9	10-25	250-500	-	-
Maassluis (klei)	-86,9 tot -91,2	-	-	0,001-0,005	1.000-5.000
Maassluis (zand)	-91,2 tot -111	10-25	100-250	-	-
Oosterhout (klei)	-111 tot -136	-	-	0,005-0,010	1.000-5.000
Oosterhout (zand)	-136 tot -224	10-25	1.000-10 ⁹	-	-
Oosterhout (complex)	-224 tot -294	1,0-2,5	100-250	0,005-0,01	5.000-10.000
Breda (zand)	-294 tot -319	2,5-5,0	50-100	-	-
Breda (klei)	-319 tot -386	-	-	0,001-0,005	10 ⁴ -10 ⁵

Tabel 4.5 Watervoerende (geel) en scheidende (groen) lagen op de projectlocatie (bron: REGIS).

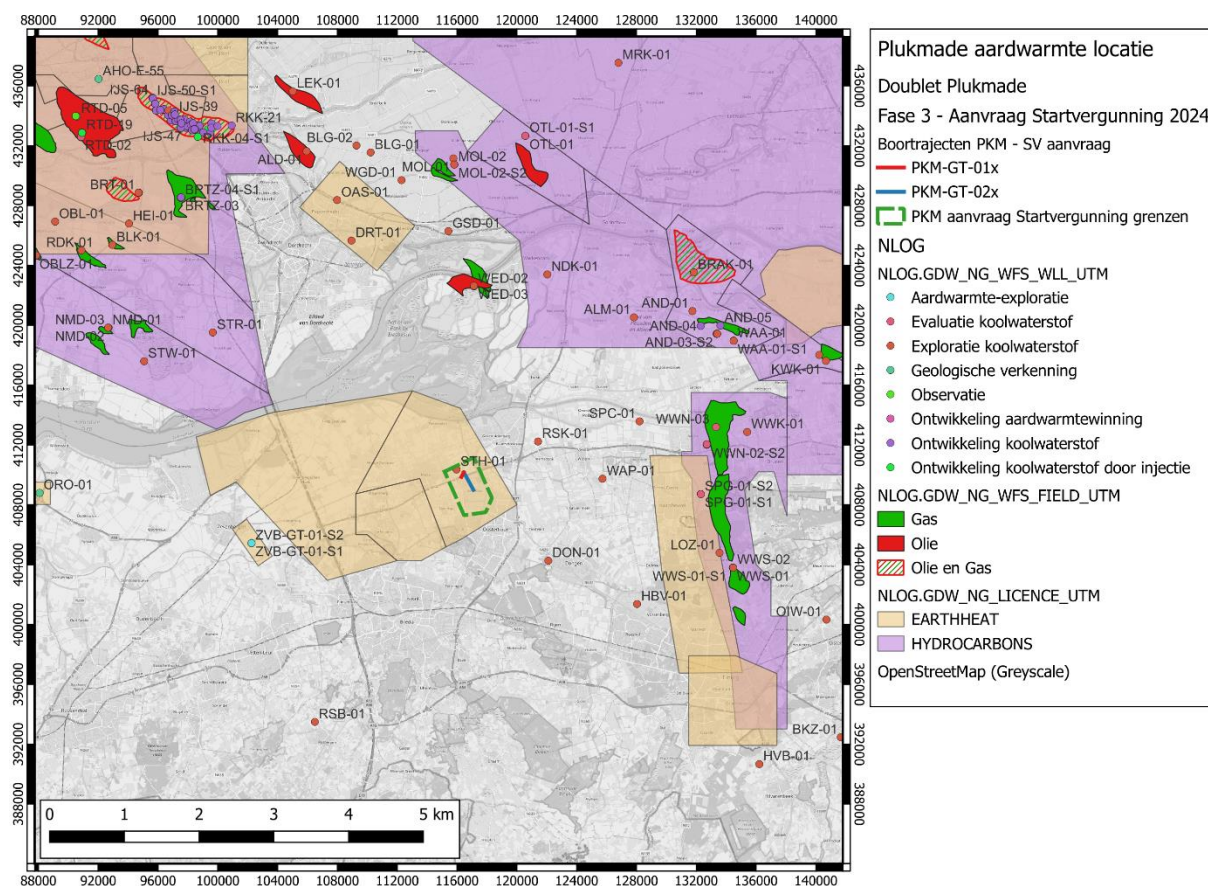
4.5 Planmatig beheer van de ondergrond

Figuur 4.7 geeft de locatie van het aangevraagde gebied aan ten opzichte van andere gebruiksmogelijkheden van de ondergrond. Er is geen overlap tussen het aangevraagde gebied en grondwaterbeschermingsgebieden, boringvrije zones, waterwingebieden of Natura2000 gebieden. Figuur 4.7 geeft de ligging aan ten opzichte van andere mijnbouwactiviteiten; er is geen overlap. Ook liggen er geen Aanvullende Strategische Voorraden drinkwatervoorziening in het gebied (figuur 4.8). Er liggen geen olie- of gasvelden in of in de buurt van het aangevraagde gebied en ondergrondse opslag wordt in dit deel van Nederland niet toegepast (bron: nlog.nl). Het dichtstbijzijnde geothermie project ligt in Zevenbergen op 15 km afstand. Dit project is momenteel niet in productie en is bovendien gerealiseerd in een ander ondieper reservoir. Er lopen enkele corridors van het Natuur Netwerk Nederland door het aangevraagde gebied, maar deze overlappen niet met de beoogde bovengrondse installatie (Figuur 4.9). Er is geen risico op ongewenste interferentie tussen de aardwarmtewinning en nabijgelegen beschermde en kwetsbare gebieden.

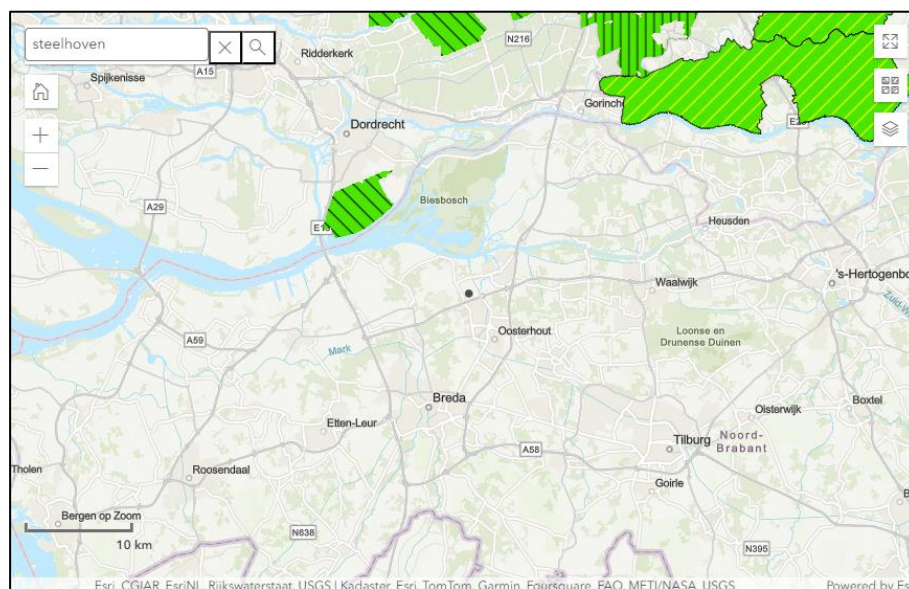


Figuur 4.7 Putlocaties (rode en blauwe lijn) binnen omlijning startvergunning (groen gestreept) weergegeven ten opzichte van Natura2000 gebieden, boringvrije zones, grondwaterbeschermingsgebieden en waterwingebieden¹ (zie legenda).

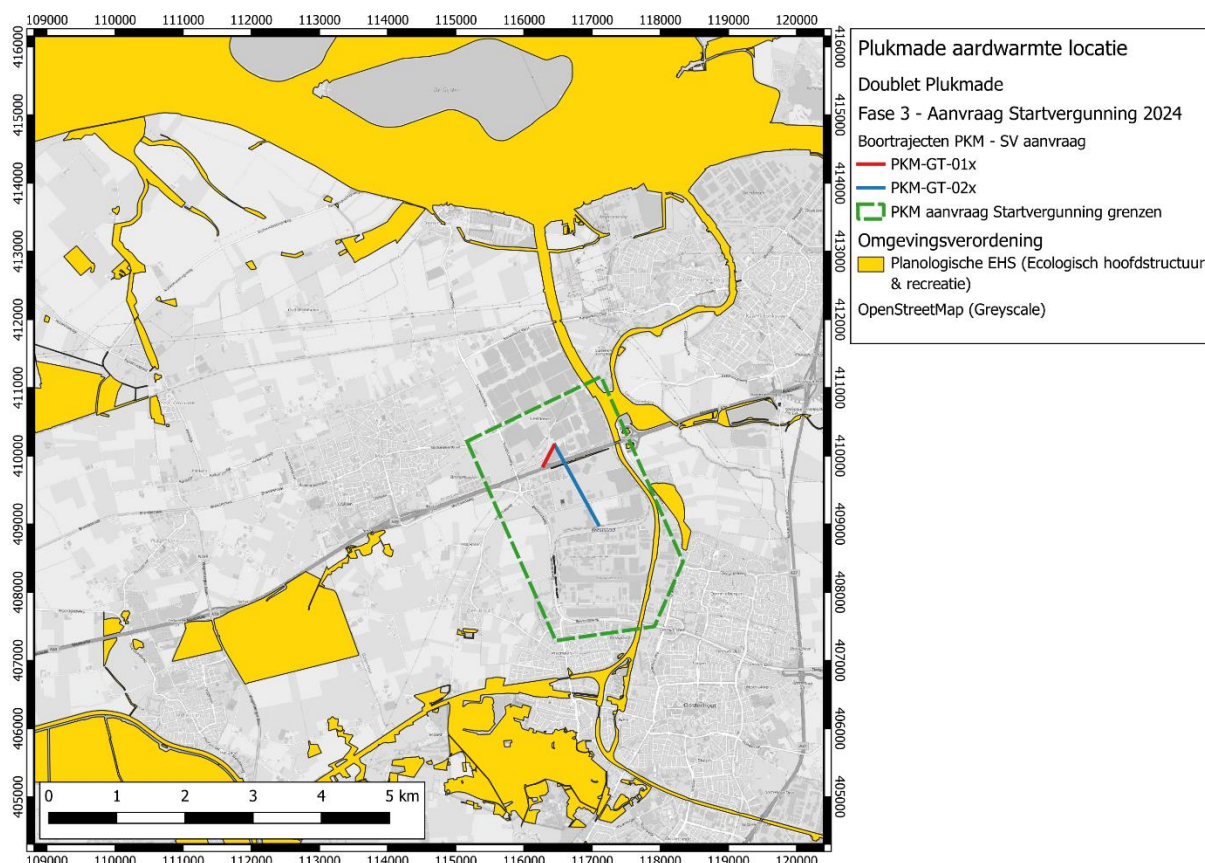
¹ <https://georegister.brabant.nl/geonetwork/srv/api/records/27131b43-efe4-4c5e-b3b0-6b4840aa7d73/formatters/xsl-view?view=advanced&portalLink=>



Figuur 4.7 Olie- en gasvelden, andere mijnbouwvergunningen en mijnbouwputten ten opzichte van het aangevraagde gebied (bron: NLOG.nl).



Figuur 4.8 Aanvullende Strategische Voorraden drinkwatervoorziening ten opzichte van de projectlocatie (grijze stip in het midden van het kaartbeeld). (Bron: Royal Haskoning DHV drinkwatervoorziening.ireport.royalhaskoningdhv.com, 2022).



Figuur 4.9 *Natuur Netwerk Nederland in geel².*

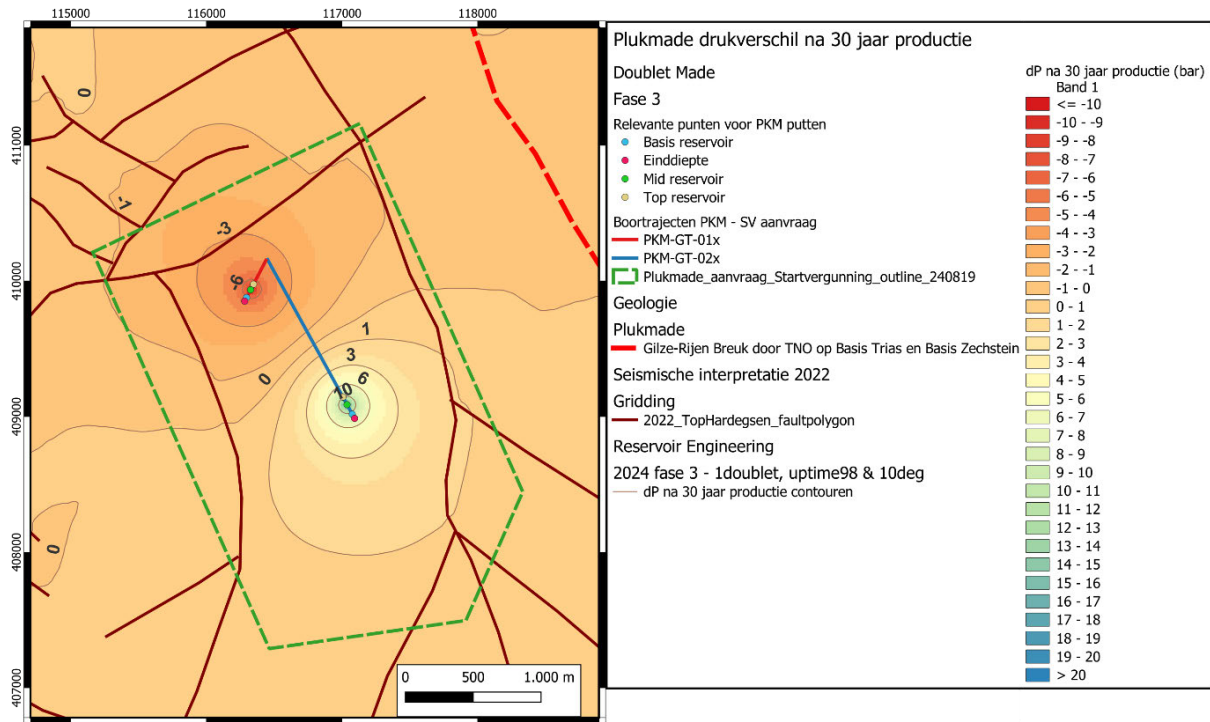
4.6 Interferentie met andere mijnbouwactiviteiten

Er liggen geen olie- of gasvelden in of in de buurt van het aangevraagde gebied en ondergrondse opslag wordt in dit deel van Nederland niet toegepast (bron: nlog.nl). Het dichtstbijzijnde geothermie project ligt in Zevenbergen op 15 km afstand. Dit project is momenteel niet in productie en is bovendien gerealiseerd in een ander ondieper reservoir. Er lopen enkele corridors van het Natuur Netwerk Nederland door het aangevraagde gebied, maar deze overlappen niet met de beoogde bovengrondse installatie (figuur 4.9). Er is geen risico op ongewenste interferentie tussen de aardwarmtewinning en nabijgelegen beschermde en kwetsbare gebieden.

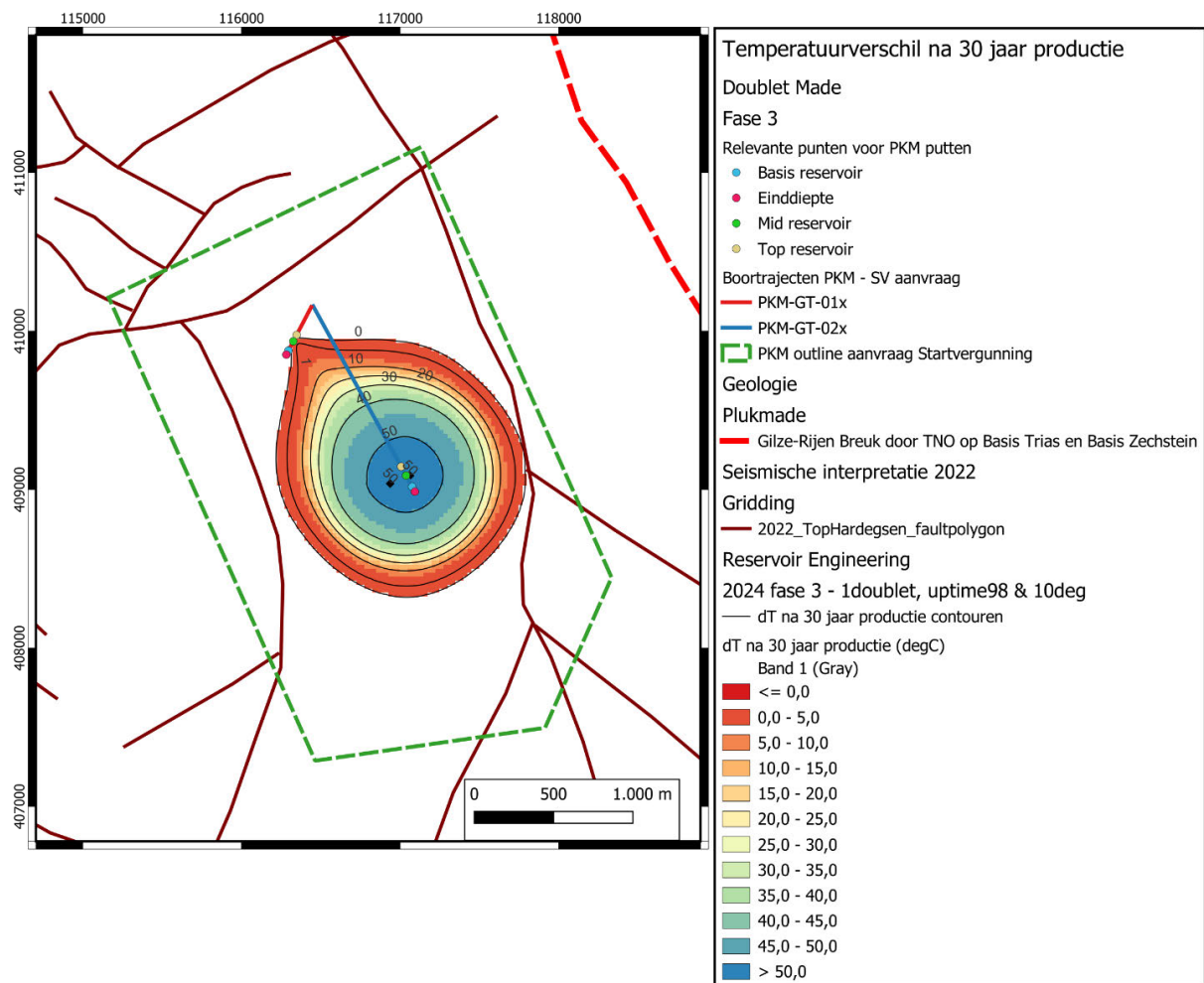
Figuur 4.10 en figuur 4.11 laten de druk- en temperatuurverschillen in het reservoir na 30 jaar winning zien ten opzichte van de start van de winning. Dit is berekend bij het maximale gemiddelde vermogen (zie de aannames in hoofdstuk 5) met behulp van DoubletCalc-2D. De input parameters zijn gegeven in figuur 4.12, figuur 4.13 en figuur 4.14. Voor de DoubletCalc-2D-modellering zijn de breuken meegenomen als niet permeabele zones.

Te zien is dat er geen interferentie is tussen het koudefront of drukfront en andere mijnbouwactiviteiten, omdat deze activiteiten niet in de omgeving aanwezig zijn.

² <https://www.nationaalgeoregister.nl/geonetwork/srv/dut/catalog.search#/metadata/413c6aac-e64b-462e-aa65-7c572b7dda88>



Figuur 4.10 Verdeling van drukverschillen na 30 jaar productie van het Plukmade doublet, ten opzichte van de start winning, op basis van een DoubletCalc 2D modellering met $441 \text{ m}^3/\text{u}$ ($=450 \text{ m}^3/\text{u}$ bij 98% uptime).



Figuur 4.11 Verdeling van temperatuurverschillen na 30 jaar productie van het Plukmade doublet, ten opzichte van de start winning, op basis van een DoubletCalc 2D modellering met $441 \text{ m}^3/\text{u}$ ($=450 \text{ m}^3/\text{u}$ bij 98% uptime).

REGION OF INTEREST				
xmin	113000.0	m	nx	260.0
xmax	119500.0	m	ny	236.0
ymin	406300.0	m		
ymax	412200.0	m		
grid geometry	none	use grid	view	

AQUIFER PROPERTIES					
initial temperature	63.7	C	none	use grid	view
aquifer depth	1730.0	m	depth.asc	use value	view
(cell) thickness	126.0	m	none	use grid	view
porosity	0.21	-	none	use grid	view
net to gross	0.97	-	none	use grid	view
actnum	1.0	-	none	use grid	view
permeability in xdir	200.0	mDarcy	perm520.asc	use value	view
permeability in ydir	200.0	mDarcy	perm520.asc	use value	view
water salinity	87400.0	ppm			

CALCULATION SETTINGS	
time end production	30.0 yrs
time end analysis	30.0 yrs
output interval	1.0 yrs
output/calculation interval after production	250.0 yrs

Figuur 4.12 Reservoir inputparameters (deel 1) DoubletCalc 2D.

ADVANCED AQUIFER PROPERTIES	
storage capacity	1.0E-9 m3 Pa-1
water conductivity	0.6 W K-1 m-1
temperature dependent viscosity	yes
viscosity	0.001 Pa s
temperature dependent density	yes

ADVANCED ROCK PROPERTIES	
rock conductivity	4.0 W K-1 m-1
heat capacity	1000.0 J kg-1 K-1
rock density	2700.0 kg m-3
Young's modulus	9.0E9 Pa
Poisson's ratio	0.35
compaction coefficient	1.0E-5 bar-1
thermal compaction coefficient	2.0E-5 C-1

OUTPUT SETTINGS	
output fileformat	SURFER
output VTK (ParaView) fileformat	no
write debug output grids	no

CALCULATION SETTINGS	
cooling 3D	yes
calculate subsidence	yes
no flow boundary	no

Figuur 4.13 Reservoir inputparameters (deel 2) DoubletCalc 2D.

name	Well 0	Well 1	
x	116326.8	117037.8	m
y	409935.6	409088.6	m
well diameter	8.5	8.5	inch
well skin	1.0	1.0	-
well excess pressure	30.0	30.0	bar
well (inj) temperature	-1.0	10.0	C
well flow rate	-441.4	441.4	m3/h
pressure constraint	no		

Figuur 4.14 Putten inputparameters DoubletCalc 2D.

5. Beoogde wijze van opsporen en winnen

5.1 Meerjarenprogramma opsporing en winning

Om de aardwarmte te kunnen winnen worden er een productieput en een injectieput geboord vanaf het perceel weergegeven in figuur 3.1. De planning is om hiermee te starten eind 2025. Informatie over de putten wordt gegeven in hoofdstuk 6.

De beoogde looptijd van de winningsperiode is 30 jaar, met een start in 2027. Maximaal zal het systeem met een debiet van 450 m³/uur en met een injectietemperatuur van 10 graden Celsius kunnen draaien gedurende 8591 uur per jaar. Dit resulteert in een totaal te winnen volume per jaar van 3.87 miljoen m³ (tabel 5.1). De verwachte operationele parameters worden in tabel 5.2 samengevat.

Een startvergunning geldt voor een periode van twee jaar, met mogelijkheid deze eenmalig met een jaar te verlengen. Binnen deze termijn zal GPM een vervolvergunning aanvragen waarin de informatie die tijdens de boringen en productiefase is vergaard is verwerkt.

In deze aanvraag wordt uitgegaan van een basis scenario dat is bepaald op basis van alle nu beschikbare gegevens. Er blijft een onzekerheidsbandbreedte over die pas tijdens en na de boring en puttest concreet kunnen worden gemaakt.

Vergunning	(Beoogde) duur van de winning	Potentieel te winnen formatiewater [m ³ /jaar]	Potentieel te winnen formatiewater [m ³]	Potentieel te winnen warmte [PJ/jaar]	Potentieel te winnen warmte [PJ]
Startvergunning	2 jaar	3.87E+06	7.73E+06	0.81	1.6
Vervolgvergunning	28 jaar	3.87E+06	1.08E+08	0.81	22.6
Totaal			1.16E+08		24.2

Tabel 5.1 Totaal te produceren volumes gedurende de voorgenomen winningsperiode.

5.2 Operationele instellingen tijdens de winning

In tabel 5.2 staan de verwachte operationele instellingen die tijdens de winning gedurende de startvergunning zullen worden gehanteerd. Dit zijn niet de aangevraagde operationele limieten. In figuren 5.1 en 5.2 staan de invoer en uitvoer schermen van DoubletCalc 1D die inzicht geven hoe tot de operationele parameters in tabel 5.2 gekomen is. Aangezien er nog geen putten in het reservoirblok geboord zijn, is er nog een onzekerheidsbandbreedte rondom de basis input waarden. In figuren 5.1 en 5.2 is terug te vinden wat het effect is van deze onzekerheidsbandbreedte.

Operationele parameter	Waarde	Opmerking
Maximaal jaargemiddeld debiet gedurende productie en injectie [m ³ /uur]	441	450 m ³ /u bij 8591 operationele uren. Alle geproduceerde brijn wordt terug geïnjecteerd, exclusief het gas dat uit oplossing is gekomen in de gasscheidingsinstallatie.
Aantal operationele uren per jaar [uur]	8591	De uren waarop de geothermie installatie beschikbaar is om op maximaal vermogen te produceren: 98% van het jaar.
Injectietemperatuur [°C]	10	De verwachte gemiddelde waarde is afhankelijk van de warmtepompen. Voor nu wordt de minimale injectietemperatuur aangenomen.
Injectieverschilddruk op reservoirniveau [bar] bij 450 m ³ /u	42.9	DoubletCalc 1D uitkomst "Pressure difference at injector", zie figuur 5.2.
Injectiedruk bij putmond [bar] bij 450 m ³ /u	47.5	Op basis van stappenplan voor omrekenen BHP naar THP met TNO conversietool.
Gemiddelde temperatuur productiewater [°C]	62.7	DoubletCalc 1D uitkomst, zie figuur 5.2. Gewogen per volume gemeten voor de warmtewisselaar.
Verwacht P50 geothermisch vermogen [MW]	27.2	DoubletCalc 1D uitkomst, zie figuur 5.2.
Verwacht P90 geothermisch vermogen [MW]	18.7	DoubletCalc 1D uitkomst, zie figuur 5.2.
Prognose onttrokken warmte per jaar [MWh]	194623	Vollasturen vermenigvuldigd met base case vermogen uit DoubletCalc.
Prognose onttrokken warmte per jaar [PJ]	0.70	MWh omgerekend naar PJ.
Hoeveelheid verbruikte elektriciteit per jaar [kWh]	1.13E+07	Vollasturen vermenigvuldigd met "required pump power" uit DoubletCalc.

Tabel 5.2 Verwachte operationele parameters van de winning.

Geotechnical input

A) Aquifer properties

Property	min	median	max
aquifer permeability (mD)	180	520	2156
aquifer net to gross (-)	0.93	0.97	0.99
aquifer gross thickness (m)	96	126	156
aquifer top at producer (m TVD)	1543.0	1714	1885.0
aquifer top at injector (m TVD)	1560.0	1733	1906.0
aquifer water salinity (ppm)	60000	87000	114000

Property	value
aquifer kh/kv ratio (-)	10
surface temperature (°C)	10.0
geothermal gradient (°C/m)	0.0299
[mid aquifer temperature producer (°C)]	0.0
[initial aquifer pressure at producer (bar)]	0.0
[initial aquifer pressure at injector (bar)]	0.0

B) Doublet and pump properties

Property	value
exit temperature heat exchanger (°C)	10
distance wells at aquifer level (m)	1106
pump system efficiency (-)	0.7
production pump depth (m)	725
pump pressure difference (bar)	85.2

C) Well properties

calculation length subdivision (m)

Producer				
outer diameter producer (inch)		8.5		
skin producer (-)		1		
penetration angle producer (deg)		36		
skin due to penetration angle p (-)		-0.11		
Segment	pipe segment sections p (m AH)	pipe segment depth p (m TVD)	pipe inner diameter p (inch)	pipe roughness p (milli-inch)
1	725	725	6.969	0.2
2	920	920	11	0.2
3	1720	1677	6.969	0.2
4	1766	1714	5.921	0.2
5				
6				
7				
8				

Injector				
outer diameter injector (inch)		8.5		
skin injector (-)		1		
penetration angle injector (deg)		46		
skin due to penetration angle i (-)		-0.35		
Segment	pipe segment sections i (m AH)	pipe segment depth i (m TVD)	pipe inner diameter i (inch)	pipe roughness i (milli-inch)
1	1250	1081	11	0.2
2	2150	1711	6.969	0.2
3	2181	1733	5.921	0.2
4				
5				
6				
7				
8				

Figuur 5.1 Invoerscherm DoubletCalc.

Geotechnics (Input)

Property	min	median	max
aquifer permeability (mD)	180.0	520.0	2156.0
aquifer net to gross (-)	0.93	0.97	0.99
aquifer gross thickness (m)	96.0	126.0	156.0
aquifer top at producer (m TVD)	1543.0	1714.0	1885.0
aquifer top at injector (m TVD)	1560.0	1733.0	1906.0
aquifer water salinity (ppm)	60000.0	87000.0	114000.0

Property	value
number of simulation runs (-)	1000.0
aquifer kh/kv ratio (-)	10.0
surface temperature (°C)	10.0
geothermal gradient (°C/m)	0.0299
[mid aquifer temperature producer (°C)]	0.0
initial aquifer pressure at producer (bar)]	0.0
[initial aquifer pressure at injector (bar)]	0.0
exit temperature heat exchanger (°C)	10.0
distance wells at aquifer level (m)	1106.0
pump system efficiency (-)	0.7
production pump depth (m)	725.0
pump pressure difference (bar)	85.2
outer diameter producer (inch)	8.5
skin producer (-)	1.0
skin due to penetration angle p (-)	-0.11
pipe segment sections p (m AH)	725.0,920.0,1720.0,1766.0
pipe segment depth p (m TVD)	725.0,920.0,1677.0,1714.0
pipe inner diameter p (inch)	6.97,11.0,6.97,5.92
pipe roughness p (milli-inch)	0.2,0.2,0.2,0.2
outer diameter injector (inch)	8.5
skin injector (-)	1.0
skin due to penetration angle i (-)	-0.35
pipe segment sections i (m AH)	1250.0,2150.0,2181.0
pipe segment depth i (m TVD)	1081.0,1711.0,1733.0

Geotechnics (Output)

Monte Carlo cases (stochastic inputs)	P90	P50	P10
aquifer kH net (Dm)	38.76	66.3	173.28
mass flow (kg/s)	94.94	134.06	195.54
pump volume flow (m³/h)	326.7	462.0	674.2
required pump power (kW)	1104.5	1561.9	2279.3
geothermal power (MW)	18.74	27.21	38.8
COP (kW/kW)	16.3	17.2	18.1

aquifer pressure at producer (bar)	163.38	173.51	183.5
aquifer pressure at injector (bar)	165.6	175.34	185.56
pressure difference at producer (bar)	11.03	19.79	24.04
pressure difference at injector (bar)	23.43	42.11	50.45
aquifer temperature at producer * (°C)	60.27	63.16	66.02
temperature at heat exchanger (°C)	59.92	62.78	65.54

base case (median value inputs)	value
aquifer kH net (Dm)	63.55
mass flow (kg/s)	130.85
pump volume flow (m³/h)	450.0
required pump power (kW)	1521.3
geothermal power (MW)	26.12
COP (kW/kW)	17.2

aquifer pressure at producer (bar)	173.49
aquifer pressure at injector (bar)	175.43
pressure difference at producer (bar)	20.29
pressure difference at injector (bar)	42.9
aquifer temperature at producer * (°C)	63.13
temperature at heat exchanger (°C)	62.73
pressure at heat exchanger (bar)	47.77

* @ mid aquifer depth

Figuur 5.2 Uitvoerscherm DoubletCalc

5.3 Integriteit van de afsluitende lagen

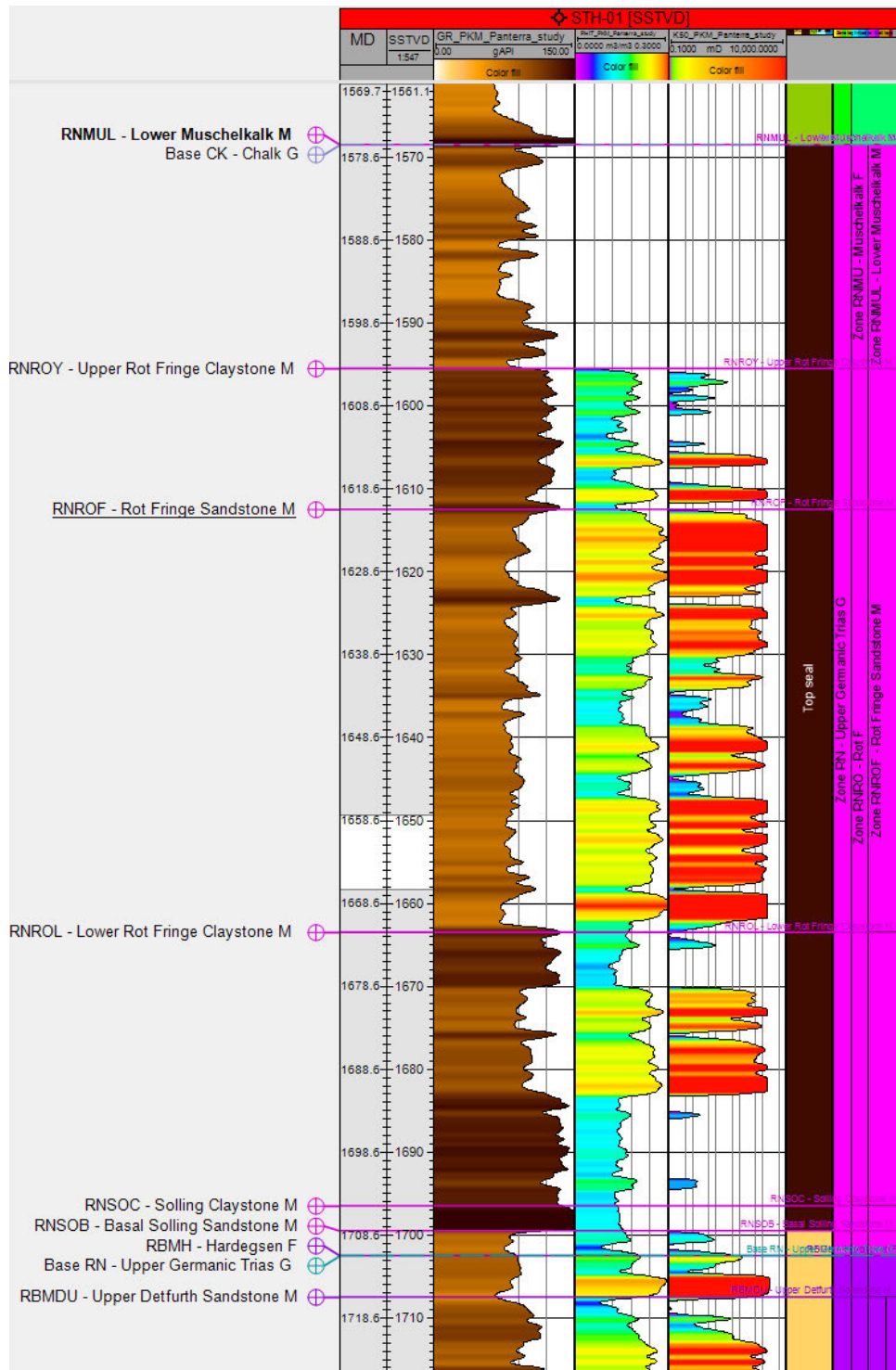
Voor een veilige en verantwoorde winning van aardwarmte is het van belang dat het geïnjecteerde formatiewater zich niet verplaatst naar andere watervoerende pakketten. Op basis van de nu beschikbare data zijn de beoogde operationele instellingen zodanig gekozen dat de integriteit van de afsluitende laag gewaarborgd blijft.

Definitie afsluitende laag Plukmade

Figuur 5.3 geeft een overzicht van de afsluitende lagen die direct bovenop het Plukmade reservoir liggen zoals ze zijn aangetroffen in de meest relevante offset put STH-01. Aangezien de STH-01 put op relatief kleine afstand van de geplande putten ligt is de aanname dat de diktes en eigenschappen vergelijkbaar zullen zijn. Zoals in tabel 5.3 is aangegeven is de afsluitende laag gedefinieerd als het interval van de top Onder-Muschelkalk Laagpakket tot de basis Solling Kleisteen Laagpakket (de formaties met als classificatie "Top seal").

Direct boven het reservoir liggen de Solling Kleisteen Laagpakket en de Onder-Röt Randkleisteen Laagpakket. De totale dikte hiervan is 3+33=36 mTVT. Het middenstuk hiervan heeft volgens de petrofysische analyse nog wel enige permeabiliteit. Dit heeft als gevolg dat de druk op de caprock

horizontaal zal dissiperen en de eventuele verticale scheurvorming geremd zal worden. Boven deze pakketten bevinden zich het Onder-Muschelkalk Laagpakket en het Boven-Röt Randkleisteen Laagpakket. De Boven-Röt Randkleisteen Laagpakket is vooral bovenin een goede seal. Direct daarboven begint de 27 m dikke Onder-Muschelkalk Laagpakket die bekend staat als een zeer goede seal.



Figuur 5.3 Stratigrafie en petrofysische evaluatie van de STH-01 put.

Top laag	TVDss (m)	MD (m)	Dikte (mTVT)	Classificatie	Kwaliteit als afsluitende laag
Formatie van Ommelanden	-1049.45	1058	519		
Onder-Muschelkalk Laagpakket	-1568.45	1577	27	Top seal	Goed
Boven-Röt Randkleisteen Laagpakket	-1595.45	1604	17	Top seal	Goed
Röt Randzandsteen Laagpakket	-1612.45	1621	51	Top seal	Slecht, maar wel druk dissiperend
Onder-Röt Randkleisteen Laagpakket	-1663.45	1672	33	Top seal	Goed
Solling Kleisteen Laagpakket	-1696.45	1705	3	Top seal	Goed
Basale Solling Zandsteen Laagpakket	-1699.45	1708	3	Reservoir	
Formatie van Hardeggen	-1702.45	1711	5	Reservoir	
Boven-Detfurth Zandsteen Laagpakket	-1707.45	1716	18	Reservoir	
Onder-Detfurth Zandsteen Laagpakket	-1725.45	1734	20	Reservoir	
Boven-Volpriehausen Zandsteen Laagpakket	-1745.45	1754	48	Reservoir	
Onder-Volpriehausen Zandsteen Laagpakket	-1793.45	1802	35	Reservoir	
Rogenstein Formatie	-1828.45	1837	101	Base seal	
Hoofd-Kleisteen Formatie	-1929.45	1938	112	Base seal	

Tabel 5.3 Stratigrafie van STH-01 put. De afsluitende lagen van het Plukmade reservoir zijn de formaties die in deze tabel als "Top seal" zijn aangeduid.

Maximale injectieverschilddruk op top reservoirniveau

GPM vraagt een maximale injectieverschilddruk op top reservoirniveau aan. De injectiedruk aan de putmond is afhankelijk van (1) de dichtheid/gewicht van de waterkolom in de injectieput, (2) de frictie bij 450 m³/h en (3) de eventuele beschadiging/verstopping direct rondom het boorgat. Voor de injectiedruk aan de putmond wordt daarom geen waarde aangevraagd. Dit wordt verderop in deze paragraaf toegelicht.

Vanwege het heterogene karakter van het pakket dat is gedefinieerd als afsluitende laag en het op moment van de aanvraag ontbreken van gedetailleerde log gegevens zal GPM de putten opereren volgens de SodM richtlijn voor matrixinjectie. Hiervoor zal GPM de gradiënt 0,135 bar/m gebruiken die door SodM is gedefinieerd als een conservatieve benadering voor de kleinste horizontale gesteentespanning³. Voor de aanvraag vervolvergunning zal de maximale druk worden bepaald aan de hand van de gemeten parameters in reservoir en afsluitende laag.

De stappen in tabel 5.4 geven de gebruikte methode om de maximale injectieverschilddruk op top reservoirniveau (ΔP_{max}) te bepalen. De ΔP_{max} is afhankelijk van de verschiltemperatuur (ΔT) tussen het geïnjecteerde water en de temperatuur in het midden van het reservoir in de injectieput. De volgende situaties bepalen de maximale injectieverschilddruk op top reservoirniveau:

- Als $\Delta T \leq 40^\circ\text{C}$, dan $\Delta P_{max} = 59.5 \text{ bar}$
- Als $\Delta T > 40^\circ\text{C}$, dan $\Delta P_{max} = 59.5 - (\Delta T - 40)$

Tabel 5.5 toont de aangevraagde maximale injectieverschilddruk op top reservoirniveau, afhankelijk van de injectietemperatuur.

³ <https://www.sodm.nl/documenten/publicaties/2013/11/23/protocol-bepaling-maximale-injectiedrukken-bij-aardwarmtewinning>

Stap	Parameter	Afkorting	Verwachte waarde	Eenheid	Bron of formule
1	Diepte top reservoir injectieput	$D_{top_aquifer_inj}$	1733	mTVD	Bepalen door geoloog tijdens boren
2	Conservatieve benadering van kleinste horizontale gesteentespanning	$V_{con_min_hor_span}$	0.135	bar/m	SodM protocol bepaling maximale injectiedruk
3	Maximale BHP volgens SodM protocol	P_{BHP_max}	234.0	bar	$V_{con_min_hor_span} \times D_{top_aquifer_inj}$
4	Initiële reservoirdruk top injectieput	P_{ini}	174.4	bar	Metten tijdens puttest
5	Mid reservoir temperatuur	$T_{mid_aq_inj}$	63.7	bar	Metten tijdens puttest
6	Minimale injectie temperatuur	T_{inj_min}	10.0	degC	Werkelijke waarde tijdens productie/injectie fase
7	Maximale verschiltemperatuur	ΔT	53.7	degC	$T_{mid_aq_inj} - T_{inj_min}$
8	Correctie temperatuureffect (indien $\Delta T \leq 40$)	ΔP_{temp_effect}	0	bar	Volgens SodM protocol
9	Injectieverschildruk op top reservoir (indien $\Delta T \leq 40$)	ΔP_{max}	59.5		$P_{BHP_max} - P_{ini}$
10	Maximale correctie temperatuureffect (indien $\Delta T > 40$)	ΔP_{temp_effect}	13.7	bar	$\Delta T - 40$
11	Injectieverschildruk op top reservoir (indien $\Delta T > 40$)	ΔP_{max}	45.8	bar	$P_{BHP_max} - P_{ini} - \Delta P_{temp_effect}$

Tabel 5.4 Berekening maximale injectieverschildruk op reservoirniveau.

Injectietemperatuur (°C)	Maximale injectieverschildruk op top reservoirniveau (bar)
23	59.8
22	57.8
21	56.8
20	55.8
19	54.8
18	53.8
17	52.8
16	51.8
15	50.8
14	49.8
13	48.8
12	47.8
11	46.8
10	45.8

Tabel 5.5 Aangevraagde maximale injectieverschildruk op top reservoirniveau bij een $T_{mid_aq_inj} = 63,7^{\circ}C$.

Maximale putmonddruk

De maximale putmonddruk is afhankelijk van de hierboven benoemde injectieverschildruk op top reservoirniveau (ΔP_{max}), maar ook van de hydrostatische kolom in de injectieput, het drukverschil als gevolg van frictie en de skin van de put. Tijdens de puttest zal de benodigde data verzameld worden, zoals de samenstelling en dichtheid van het geowater, en de skin van de put. De bepaling van de maximale putmonddruk wordt uitgevoerd met een stappenplan dat Aardyn B.V. heeft opgesteld, waarbij o.a. gebruikt wordt gemaakt van de *Conversietool voor injectiedruk in geothermieputten*⁴ die door TNO is ontwikkeld.

GPM vraagt geen maximale putmonddruk aan omdat deze zeer variërende effecten kan hebben op de top reservoir druk door frictie bij verschillende debieten en stijghoogte bij verschillende temperaturen.

5.4 Hoeveelheid en verwerking bijvangst

Het is de verwachting dat er gas in oplossing kan zitten in het formatiewater. Hoeveel dit precies zal zijn is onzeker. Na boren en testen zal hierover meer bekend zijn. Zoals beschreven in de *Hydrocarbon Risk Analysis* (bijlage 9) wordt voor nu uitgegaan van $\sim 0.86 \text{ m}^3$ gas per 1 m^3 formatiewater. Het gas wordt bij normaal bedrijf ontgast in de ontgassings-installatie. Het gas wordt in een ketel omgezet in warmte. De gassamenstelling is gegeven in hoofdstuk **Fout! V** **erwijzingsbron niet gevonden..**

5.5 Gebruik hulpstoffen

Bij het proces worden indien nodig zogenaamde mijnbouwhulpstoffen gebruikt. Mijnbouwhulpstoffen worden gebruikt voor uiteenlopende doelen:

- Om corrosie van metalen te voorkomen (corrosie inhibitor)
- Om afzetting van metaalzouten (o.a. ijzeroxide) te voorkomen (scaling inhibitor)
- Om bacteriën (vooral H₂S producerende) te doden (biociden)
- Om onverwachte verstoppingen op reservoir niveau op te lossen (zuren en/of solvents)

Het te winnen formatiewater (bronwater) is van nature zout en kan aanleiding tot corrosie geven, daarom dienen de leidingen en vaten van het "zoute circuit" daartegen beschermd te worden. Bij dit project wordt zowel voor de productieput als de injectieput 13% chroom of verbuizing toegepast, waardoor dosering van corrosion inhibitor de verwachte brijn aangetroffen wordt niet noodzakelijk is. Als de brijn ander dan verwacht is en niet compatibel is met de gekozen materialen zal GPM een goedgekeurde corrosie inhibitor willen gebruiken. Hiervoor zal GPM goedkeuring vragen bij de toezichthouder.

Met de materiaalselectie bovengrondse installaties is ook rekening gehouden met corrosie bestendigheid. Leidingwerk is van het niet corrosieve GRE (Glassfiber Reinforced Epoxy) of van Duplex stainless steel. Apparatuur wordt vervaardigd van GRE, Duplex stainless steel of koolstofstaal met phenolic coating.

Indien er in de toekomst afzetting (scaling) van metaalzouten (o.a. ijzeroxide) binnen leidingen, apparatuur en/of injectieput zou plaatsvinden, zal er een scaling inhibitor gedoseerd gaan worden. Vooralsnog wordt dit niet noodzakelijk geacht, echter in de installatie wordt wel een doseerpunt meegenomen t.b.v. aansluiting van een eventueel toekomstige scaling inhibitor doseerinstallatie.

Ook bestaat de mogelijkheid dat micro organismen (bacteriën) zich hechten aan de zoutwaterzijde

⁴ <https://www.nlog.nl/tools>

van de installaties, inclusief de injectieput. Dit kan aanleiding geven tot vervuiling van de installaties en vermindering injectiviteit formatiewater, waardoor dosering van biociden noodzakelijk kan zijn. Vooralsnog wordt dit niet noodzakelijk geacht, echter in de installatie wordt wel een doseerpunt meegenomen t.b.v. aansluiting van een eventueel toekomstige biocide doseerinstallatie.

Tot slot is het mogelijk dat als gevolg verstoppingen in de injectieput een injectiviteit vermindering ontstaat, leidende tot hoger energie verbruik van de injectiepomp en eventueel zelfs een beperking van productie. Om dit te verhelpen kunnen diverse oplosmiddelen (zuren en/of solvents) gebruikt worden om verstopping op reservoir niveau op te lossen. Dit kan middels een coiled tubing, bullheading of wireline gebaseerde techniek in het systeem worden toegepast. Vooralsnog wordt dit niet noodzakelijk geacht, echter kan dit incidenteel worden toegepast gedurende de levensduur van de geothermie installatie.

Samenvattend vraagt GPM het gebruik van de hulpstoffen in tabel 5.6 aan. In alle gevallen zal het gebruik van hulpstoffen worden gemeld bij het bevoegd gezag.

Soort hulpstof	Frequentie gebruik	Maximaal gebruikte hoeveelheid
Corrosie inhibitor	Continue	16 ppm
Scaling inhibitor	Continue	16 ppm
Biocide (zoals Gluteraldehyde of THPS)	Incidenteel (Indien bewezen probleem: Maandelijkse 24h behandeling)	15,5 IBC per jaar, op basis van 12 behandelingen van 24 uur.
Zuur (zoals HCl / HF / HCR)	Incidenteel	TBD
Mutual solvent (zoals Butylglycol)	Incidenteel	TBD

Tabel 5.6 Hulpstoffen die toegepast zouden kunnen worden bij Plukmade indien de putstatus dat vereist. In alle gevallen zullen de hulpstoffen REACH-compliant zijn en zullen de biocides aangemeld zijn voor het type gebruik.

6 Aardwarmtesysteem

6.1 Systeemconfiguratie

De warmte wordt primair gewonnen uit geproduceerd formatiewater. Het water wordt in de productieput PKM-GT-01 omhoog gepompt met een *Electronic Submersible Pump*. Vervolgens wordt het water ontgast in de ontgassings-installatie en in de filters ontdaan van fijne deeltjes. Het formatiegas wordt in een gasketel of warmtekrachtkoppeling nuttig omgezet in warmte. In geval van storingen, onderhoud of calamiteiten kan het gas afgefakkeld worden via de aanwezige fakkel.

Daarna wordt het warme zoute water (primaire circuit) door de bronwarmtewisselaars gestuurd waar het thermische energie overdraagt aan het zoete warmtedistributiesysteem (secundaire circuit). Het afgekoelde water wordt opnieuw gefilterd en met behulp van injectiepompen weer via injectieput PKM-GT-02 naar de diepe ondergrond teruggevoerd.

De twee putten zijn gelegen in zogenaamde putkelders op het terrein en de systeeminstallaties en de pompen zijn grotendeels geplaatst in het aanwezige gebouw en in de pompenkelder naast de putkelders. Een zeer uitgebreid netwerk van sensoren monitoren het systeem real time. Indien bepaalde grenswaarden bereikt worden kan het systeem automatisch wijzigingen doorvoeren of de installatie uitschakelen.

Putnaam	PKM-GT-01	PKM-GT-02
Type put	Productieput	Injectieput
X (RD) oppervlaktelocatie	116439.6	116452.4
Y (RD) oppervlaktelocatie	410152.0	410157.7
X (RD) top doorprikpunt doelreservoir	116348.0	117007.0
Y (RD) top doorprikpunt doelreservoir	409976.2	409144.8
X (RD) einddieptelocatie	116283.0	117093.5
Y (RD) einddieptelocatie	409851.6	408986.8
Einddiepte (mAH)	2005	2433
Einddiepte (mTVD)	1907	1910

Tabel 6.1 Algemene pre-drill schatting van de putlocaties.

6.2 Verbuizingschema beoogde putten

De verbuizingsschema's van de putten PKM-GT-01 en PKM-GT-02 zijn weergegeven in respectievelijk tabellen 6.2 en 6.3. Beide putten zijn ontworpen in volledige overeenstemming met de normen voor putintegriteit, waaronder ISO 16530-1, Nederlandse mijnbouwwetgeving en de Industriestandaard Duurzaam Putontwerp. Het gekozen ontwerp biedt optimale bescherming voor de ondiepe watervoerende lagen. De surface casing zal de ondiepe watervoerende lagen volledig isoleren van de put. Deze bescherming wordt verder verbeterd door het toepassen van een redundantie in putbarrières (d.w.z. een dubbelbarrièresysteem) tussen het geothermische reservoir en de ondiepe watervoerende lagen, waarmee een annulaire ruimte wordt gecreëerd die continue monitoring van de integriteit mogelijk maakt.

Element	Top mAH	Base mAH	Top mTVD	Base mTVD	Length mAH	Weight ppft	Gr.	OD in	ID in
Conductor	0	75	0	75	75	94	K55	20"	19.125
Surface casing	0	1060	0	1060	140	68	L80	13-3/8"	12.415
Production liner	960	1800	960	1741	840	47	L80	9-5/8"	8.681
Liner / screen	1750	1960	1701	1879	220	24	13cr80	6-5/8"	5.921
Tieback	0	900	0		900	65	13cr80	11-3/4"	11
	900	1700			800	26.4	13cr80	7-5/8"	6.969

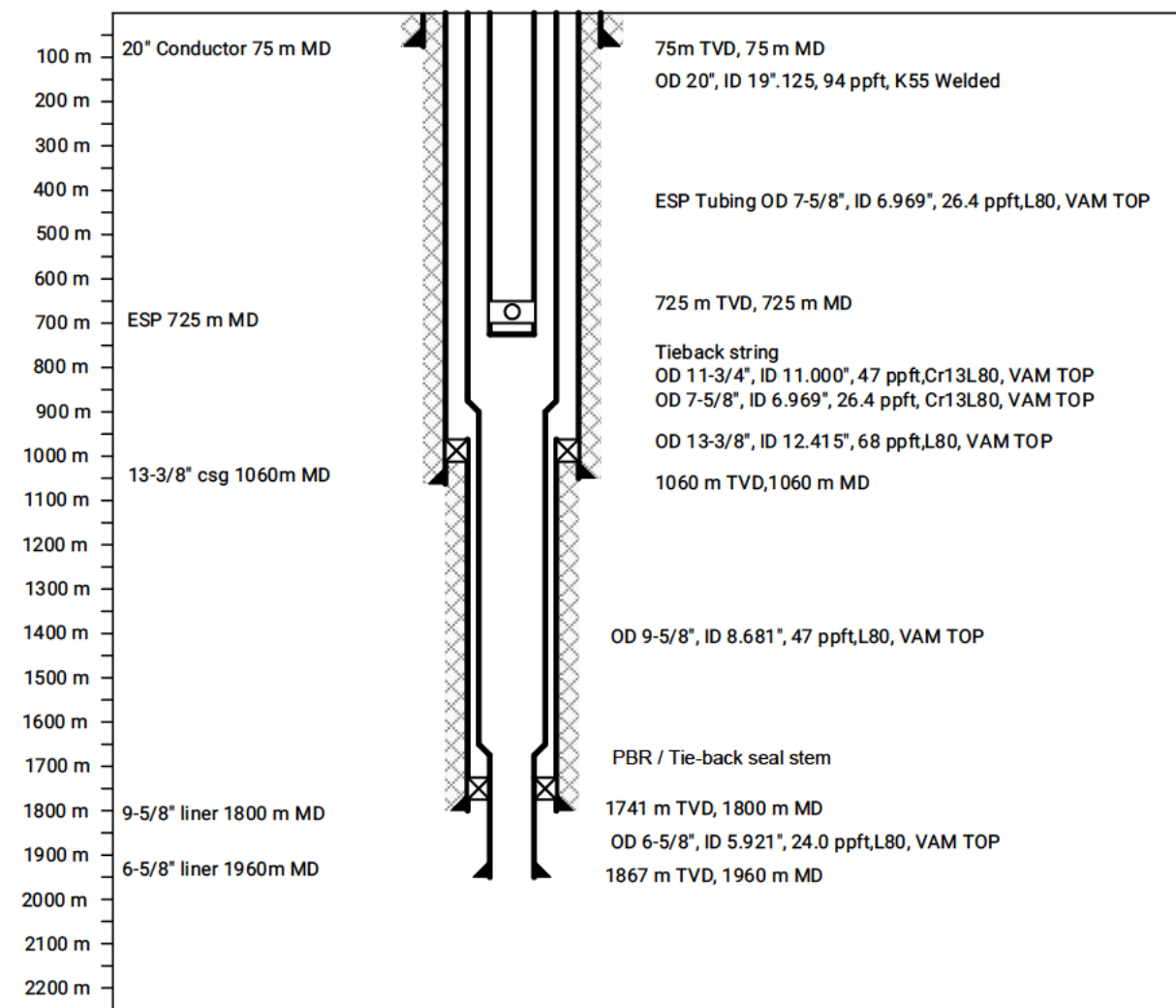
Tabel 6.2 Pre-drill schatting van het verbuizingschema PKM-GT-01. Alle dieptes vanaf de wellhead.

Element	Top mAH	Base mAH	Top mTVD	Base mTVD	Length mAH	Weight ppft	Gr.	OD in	ID in
Conductor	0	75	0	75	75	94	K55	20"	19.125
Surface casing	0	1360	0	1157	1360	68	L80	13-3/8"	12.415
Production liner	1310	2300	0	2300	990	47	13cr80	9-5/8"	8.681
Reservoir liner	2250	2400	1817	1886	150	24	13cr80	6-5/8"	5.921
Tieback	0	1260	0		1260	65	13cr80	11-3/4"	11
	1260	2200			940	26.4	13cr80	7-5/8"	6.969

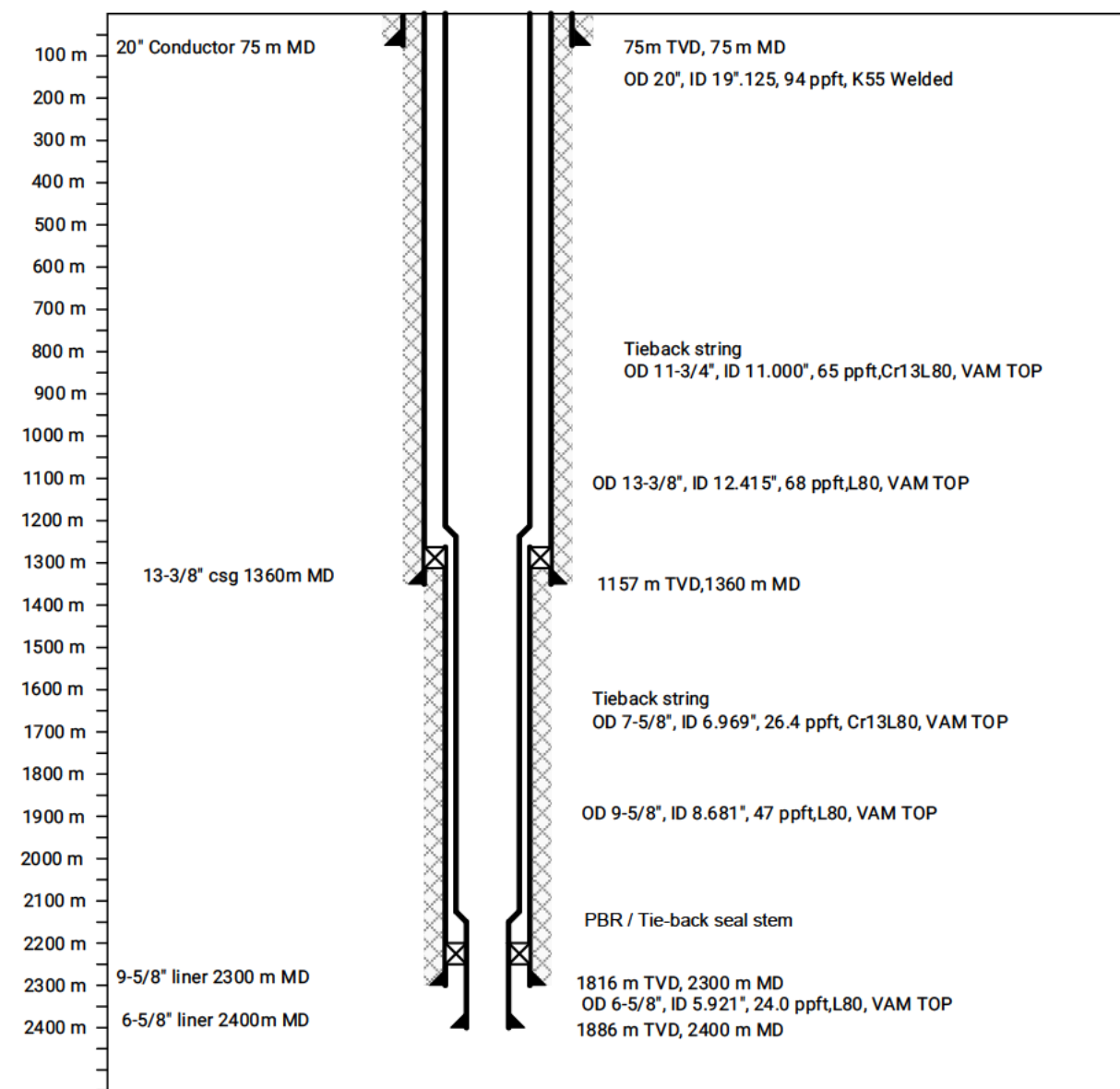
Tabel 6.3 Pre-drill schatting van het verbuizingschema PKM-GT-02. Alle dieptes vanaf de wellhead.

6.3 Putontwerp

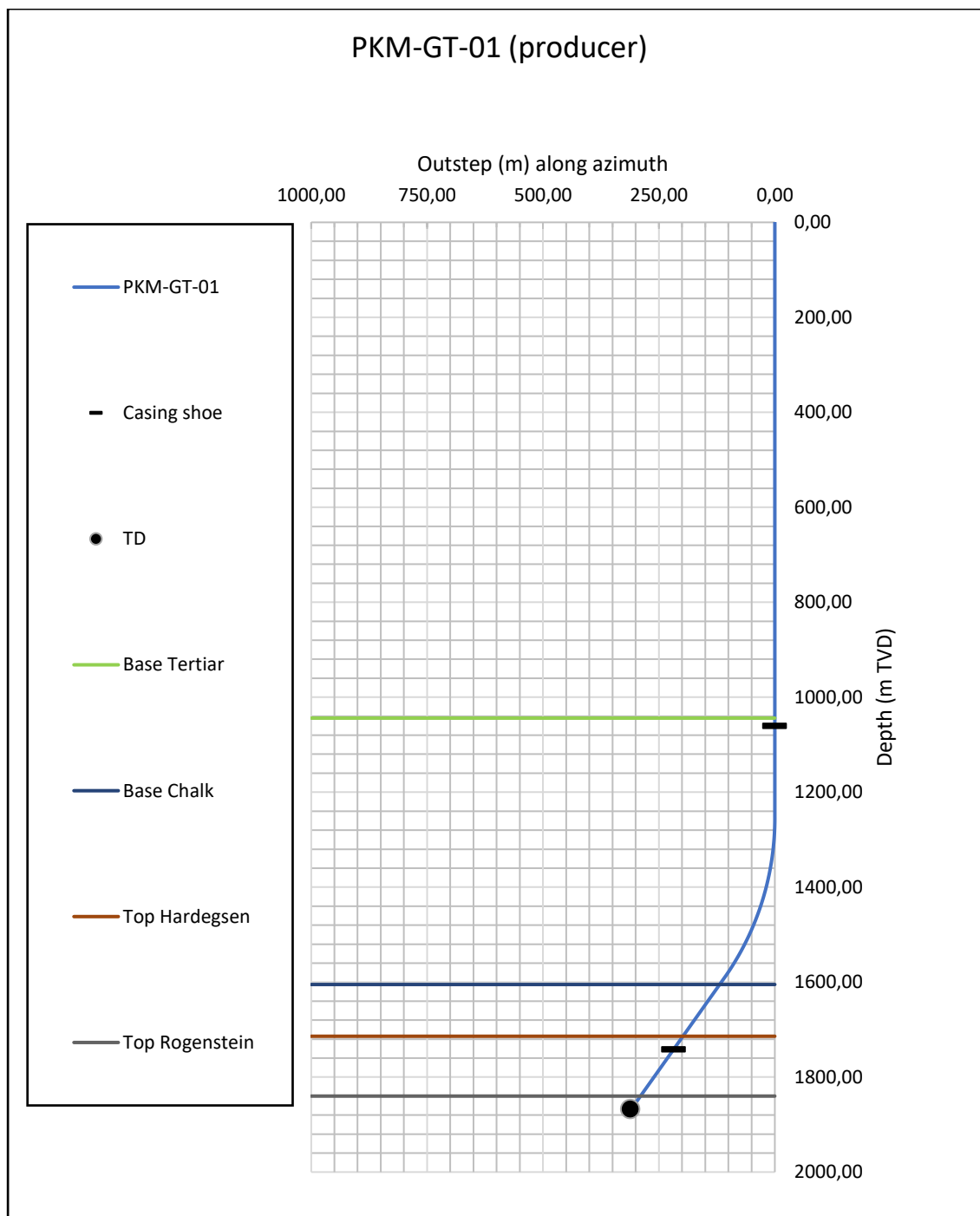
Op de mijnbouwlocatie bevinden zich twee putten; de productieput genaamd PKM-GT-01 en de injectieput genaamd PKM-GT-02. De putontwerpen zijn weergegeven in figuur 6.1 en figuur 6.2. De puttrajecten zijn weergegeven in figuur 6.3 en figuur 6.4. Deviatietabellen van deze putten zijn in bijlage 14 opgenomen.



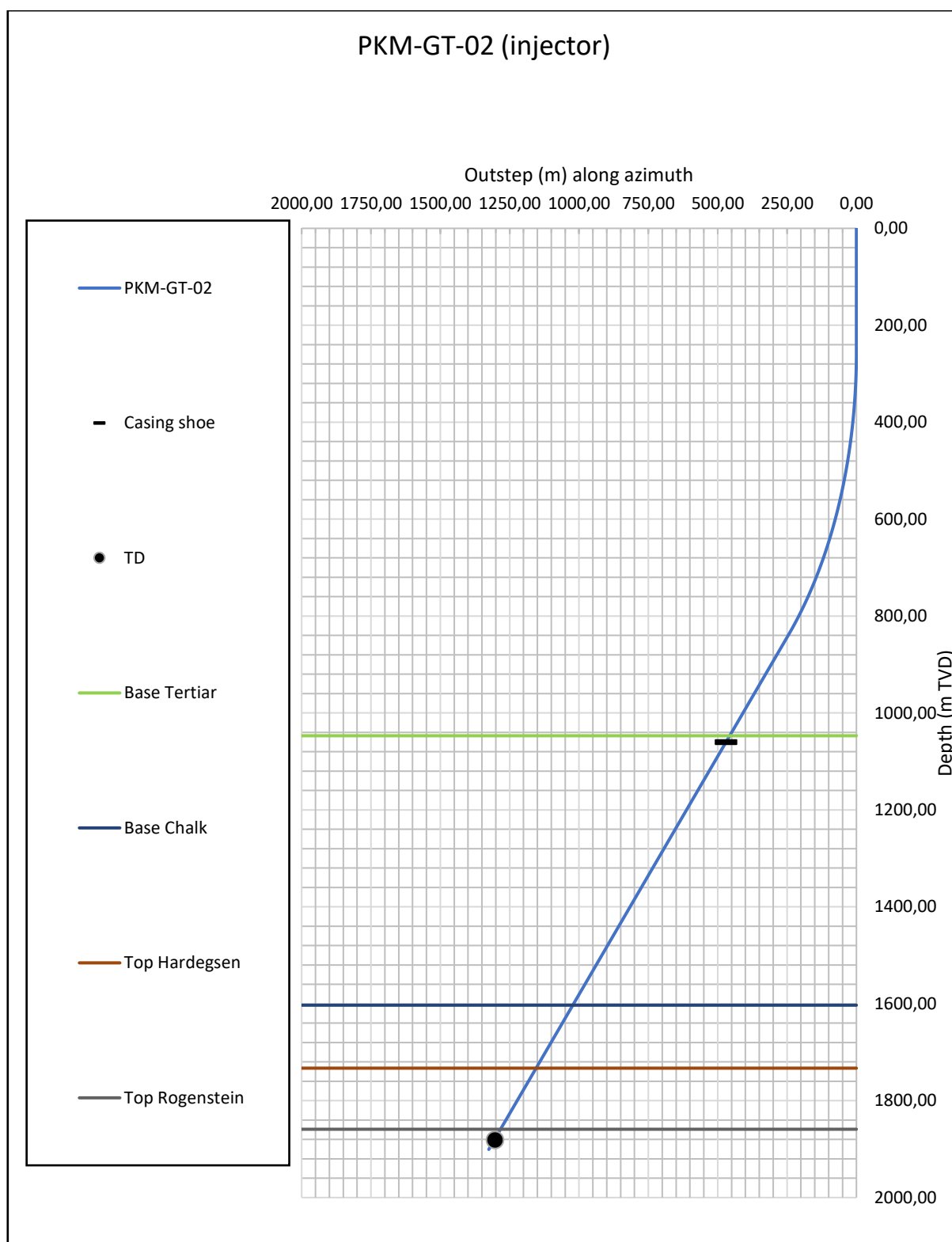
Figuur 6.1 Putontwerp productieput PKM-GT-01.



Figuur 6.2 Putontwerp injectieput PKM-GT-02.



Figuur 6.3 Puttraject productieput PKM-GT-01.



Figuur 6.4 Puttraject injectieput PKM-GT-02.

6.4 Putintegriteit

Beide putten zijn ontworpen in volledige overeenstemming met de nieuwste normen voor putintegriteit, waaronder ISO 16530-1, Nederlandse Mijnbouwwetgeving en Industriestandaard

Duurzaam Putontwerp. Door het toepassen van dubbel barrièresysteem (afgewerkt met een binnenbuis, zogenaamde "tie-back") wordt een annulaire ruimte gecreëerd die continue monitoring van de integriteit mogelijk maakt, en daarmee zowel de integriteit als de levensduur van de putten vergroot ten opzichte van een single-barrière ontwerp.

De basis van het putintegriteit programma (Well Integrity Management System, WIMS) wordt gevormd door de ISO 16530-1 standaard. De putintegriteit wordt gewaarborgd door de barrière enveloppe, die bestaat uit een reeks barrière elementen zoals beschreven in paragraaf 6.2. Het doel van dit programma is het definiëren en toepassen van technische, operationele, en organisatorische oplossingen om het risico van het falen van een of meerdere put barrière elementen gedurende de winningsfase te verminderen.

Het putintegriteit programma (WIMS) is een geïntegreerd systeem met de volgende elementen:

1. Definitie verantwoordelijkheden
2. Analyse risico's en definitie bijbehorende mitigaties
3. Beschrijving put-specificaties
4. Beschrijving put-barrières
5. Beschrijving put-standaarden en -limieten
6. Omschrijving monitoring-, onderhouds- en druk-managementprogramma. Een procedure voor veranderingsmanagement is ook onderdeel van het integrale putintegriteit programma.

Een procedure voor veranderingsmanagement (Management of Change, MoC) is ook onderdeel van het integrale putintegriteit programma. De naleving van het putintegriteit programma kan gemeten en geanalyseerd worden met behulp van audits en kritieke prestatie indicatoren. In het kader van het veilig produceren van aardwarmte wordt de put uitgebreid gemonitord. Er zijn twee typen monitoring in plaats: continue en periodieke monitoring.

Continue monitoring

Productiviteit/injectiviteit monitoring

De druk, debiet en temperatuur van zowel de injectie- als de productieput worden continu gemonitord. Indien afwijkend gedrag van de put wordt waargenomen zal aan de hand van Aardyn protocol worden vastgesteld wat de risico's en corresponderende mitigerende maatregelen zijn. Indien bepaalde grenswaarden bereikt worden kan het systeem automatisch wijzigingen doorvoeren of de plant uitschakelen.

Corrosie, erosie & scaling monitoring

De putten zijn in eerste instantie ontworpen met dubbele verbuizing, waarbij integriteit van de binnenbuis (tie-back) gemonitord wordt en eventuele anomalieën vroegtijdig te identificeren. De binnenbuis (tie-back) is van een hogere legering staal, namelijk 13% chroom ter voorkoming van corrosie. Geochemische waarde zoals de zuurtegraad, temperatuur en geleidbaarheid zullen continu gemeten worden, om de putintegriteit en een verslechtering van de casing, als gevolg van erosie of corrosie, in de gaten te houden. Vanuit scaling management wordt continu de pH en de conductiviteit gemeten op de bovengrondse installaties.

Casing integriteit

Het putontwerp voor injector en producer is een "dubbelwandig" ontwerp, dat wil zeggen met een dubbele verbuizing, waarbij een binnenbuis of "tie-back casing" wordt geïnstalleerd. Deze tie-back string biedt de mogelijkheid de integriteit van de casing continue te monitoren door de annulaire ruimte. De keuze voor 13% chroom tie-back is gebaseerd op de verwachte watersamenstelling van het productiewater en de gewenste levensduur van het doublet.

Periodieke monitoring

Spuitkruis

Het spuitkruis wordt wekelijks visueel gecontroleerd op lekkages. Indien er lekkages zijn wordt dit direct gemeld en vervolgens worden passende mitigerende maatregelen genomen. Daarnaast wordt het spuitkruis bij installatie getest en gecertificeerd en bij herinstallatie onderworpen aan een druktest tot de maximale verwachte druk.

Water analyse

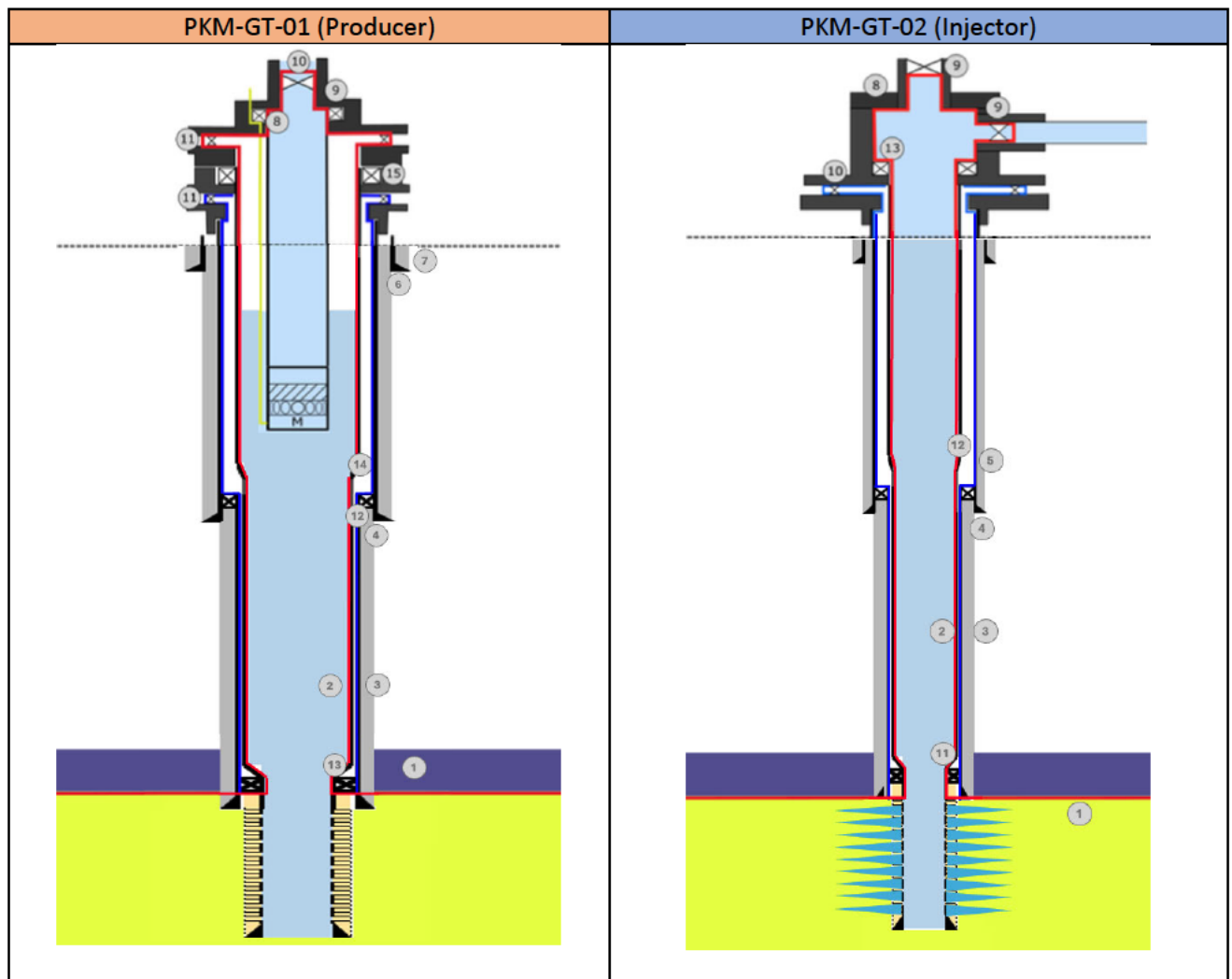
Elk half jaar wordt er een watermonster genomen. Een volledige analyse van de kationen en anionen wordt gedaan, waarna twee standaard analyses worden uitgevoerd. Ten eerste wordt gekeken of concentratie opgeloste/vaste deeltjes niet toeneemt. Dit kan een indicatie zijn voor verhoogde corrosie/erosie. Ten tweede wordt gecontroleerd of de concentraties schadelijke stoffen binnen de wettelijk norm vallen.

Procesmonitoring

Als onderdeel van de omgevingsmonitoring wordt jaarlijks de kwaliteit van het grondwater gecontroleerd met behulp van een aantal permanente peilbuizen in de omgeving van het doublet. Een zeer uitgebreid netwerk van sensoren monitoren het systeem real time. Indien bepaalde grenswaarden bereikt worden kan het systeem automatisch wijzigingen doorvoeren of de plant uitschakelen. Vanuit scaling management wordt continu de pH en de conductiviteit gemeten op de bovengrondse installaties. Periodiek worden er gas en water samples genomen. De productie ingenieur kan vanaf externe locatie meekijken in het data en besturingssysteem van de installaties. Dit gebeurt op basis van onverwachte events en standaard periodiek.

6.5 Put barrière en elementen

Figuur 6.5 laat een overzicht zien van de putbarrière enveloppe voor PKM-GT-01 en PKM-GT-02, waarbij de verschillende barrière elementen zijn genummerd. In figuur 6.6 en figuur 6.7 is een overzicht te vinden van alle barrière elementen per put, inclusief de functies en de eventuele gevolgen indien een barrière element faalt. Voor de eerste sectie van beide putten is een primaire (rood) en secundaire (blauw) barrière enveloppe aangegeven. Op basis van de risicoanalyse zal per barrière element een onderhouds- en monitorings-programma (Well Integrity Management Plan, WIMP) worden opgesteld om de risico's te mitigeren en de barrières elementen te borgen.



Figuur 6.5 Put barrière elementen en enveloppe voor PKM-GT-01 (producer) en PKM-GT-02 (injector).

Producer					
#	Description	Function	Failure modes	Effect	Consequences
1	Reservoir top seal	-	-	Only applicable for injector	-
2	Liner	Prevent communication between wellbore fluid and formation.	Casing corrosion Leaking casing coupling Mechanical damage (drilling / intervention) Damage of casing by temperature variations	Loss of primary barrier envelope Leaking of fluids from formation to the wellbore	Pollution of geothermal well with fluids & solids from formation
3	Cement liner	Support casing Prevent communication between formations	Poor cementing of intermediate liner Damage of cement by temperature variations	Migration of fluids from deeper to shallower formations (outside of casing)	Pollution of shallower permeable formation
4	Surface casing	Prevent communication between annulus fluid and formation. Ability to test annulus.	Casing corrosion Leaking casing coupling Too high annulus pressure Damage of casing by temperature variations	Loss of secondary barrier	Non monitorable annulus Communication of fluid between controlled annulus and shallow formations
5	Cement surface casing	Support casing Prevent communication between formations Prevent migration of Biogenic gas	Poor cementing of surface casing Damage of cement by temperature variations	Migration of fluids and/or biogenic gas to shallower permeable formations or surface (outside of casing)	Pollution of shallower permeable formation Biogenic gas bubbles to surface
6	Conductor	Prevent fluid interaction between annulus and fresh-water aquifers Provide foundation for wellhead	Casing corrosion Leaking casing coupling	Leaking of annulus fluid after surface casing failure to shallower formation (outside of casing)	Pollution of shallower permeable formation
7	Cement conductor	Support casing Prevent communication between shallower aquifers Prevent migration of Biogenic gas	Poor cementing of conductor Damage of cement by temperature variations	Migration of fluids and/or biogenic gas to shallower permeable formations or surface (outside of casing)	Pollution of shallower permeable formation Biogenic gas bubbles to surface
8	Tubing hanger & ESP cable feedthrough	Prevent fluid interaction between wellbore and atmosphere.	Damage of hanger seals	Leaking of formation water to surface / cellar	Leaking of formation water to surface / cellar
9	Wellhead	Prevent fluid interaction between wellbore and atmosphere.	Poor functioning of wellhead Damage of seals by general wear	Leaking of formation water to surface / cellar	Leaking of formation water to surface / cellar
10	Main valves	Close in well	Poor functioning of wellhead Damage of valves by general wear	Unable to close in well in case of emergency	Unable to close in well in case of emergency
11	Annulus valves	Prevent interaction between annulus and atmosphere.	Poor functioning of wellhead Damage of valves by general wear	Loss of secondary barrier envelope	Leaking of annulus fluid or gas (nitrogen) to atmosphere Non monitorable annulus Communication of fluid between annulus and atmosphere / cellar
12	Liner Hanger	Prevent fluid interaction between annulus and shallower formations	Damage of hanger packer seals	Loss of secondary barrier envelope	Non monitorable annulus Communication of fluid between annulus and formation
13	Seal stem & PBR	Create seal between tieback and surface casing	Damage of seals by general wear	Loss of secondary barrier envelope	Non monitorable annulus Communication of fluid between annulus and wellbore
14	Tieback	Create a monitorable annulus.	Casing corrosion Leaking connection	Loss of secondary barrier envelope	Non monitorable annulus Communication of fluid between annulus and wellbore
15	Tieback Hanger	Create a seal between wellbore, annulus and atmosphere	Damage of hanger seals	Loss of secondary barrier envelope	Non monitorable annulus Communication between wellbore and atmosphere Communication between annulus and wellbore

Figuur 6.6 Barriere elementen productieput PKM-GT-01.

Injector					
#	Description	Function	Failure modes	Effect	Consequences
1	Reservoir top seal	Prevent migration reservoir fluid to upper permeable formation	Too high injection pressure	Loss of reservoir top seal	Pollution of shallower permeable formation Seismicity
2	Liner	Prevent communication between wellbore fluid and formation.	Casing corrosion Leaking casing coupling Too high injection pressure Damage of casing by temperature variations	Loss of casing integrity Leaking wellbore fluid to formation	Pollution of permeable formation, not being permeable drink water aquifers
3	Cement Liner	Support casing Prevent communication between formations	Poor cementing of intermediate liner Damage of cement by temperature variations	Migration of formation water from deeper to shallower formations (outside of casing)	Pollution of shallower permeable formation, not being permeable drink water aquifers
4	Surface casing	Prevent communication between annulus fluid and formation. Ability to test annulus.	Casing corrosion Leaking casing coupling Too high annulus pressure Damage of casing by temperature variations	Loss of secondary barrier	Non monitorable annulus Communication of fluid between controlled annulus and shallow formations
5	Cement surface casing	Support casing Prevent communication between formations Prevent migration of Biogenic gas	Poor cementing of surface casing Damage of cement by temperature variations	Migration of fluids and/or biogenic gas to shallower permeable formations or surface (outside of casing)	Pollution of shallower permeable formation Biogenic gas to surface
6	Conductor	Prevent fluid interaction between annulus and fresh-water aquifers Provide foundation for wellhead	Casing corrosion Leaking casing coupling	Leaking of annulus fluid after surface casing failure to shallower formation (outside of casing)	Pollution of shallower permeable formation
7	Cement conductor	Support casing Prevent communication between shallower aquifers Prevent migration of Biogenic gas	Poor cementing of conductor Damage of cement by temperature variations	Migration of fluids and/or biogenic gas to shallower permeable formations or surface (outside of casing)	Pollution of shallower permeable formation Biogenic gas to surface
8	Wellhead	Prevent fluid interaction between wellbore and atmosphere.	Suboptimal design of wellhead Poor functioning of wellhead Damage of seals by general wear	Leaking of formation water to atmosphere	Leaking of formation water to surface / cellar
9	Main valves	Close in well	Suboptimal design of wellhead Poor functioning of wellhead Damage of seals by general wear	Unable to close in well in case of emergency	Unable to close in well in case of emergency
10	Annulus valves	Prevent interaction between annulus and atmosphere.	Suboptimal design of wellhead Poor functioning of wellhead Damage of seals by general wear	Loss of secondary barrier	Leaking of annulus fluid or gas (nitrogen) to atmosphere Non monitorable annulus Communication of fluid between annulus and surface / cellar
11	Seal stem & PBR	Create seal between tieback and surface casing	Damage of seals by general wear	Loss of secondary barrier envelope	Non monitorable annulus Communication of fluid between annulus and wellbore
12	Tieback	Create a monitorable annulus.	Casing corrosion Leaking connection	Loss of secondary barrier envelope	Non monitorable annulus Communication of fluid between annulus and wellbore
13	Tieback Hanger	Create a seal between wellbore, annulus and atmosphere	Damage of hanger seals	Loss of secondary barrier envelope	Non monitorable annulus Communication between wellbore and atmosphere Communication between annulus and wellbore

Figuur 6.7 Barriere elementen injectieput PKM-GT-02

7. Bodembeweging

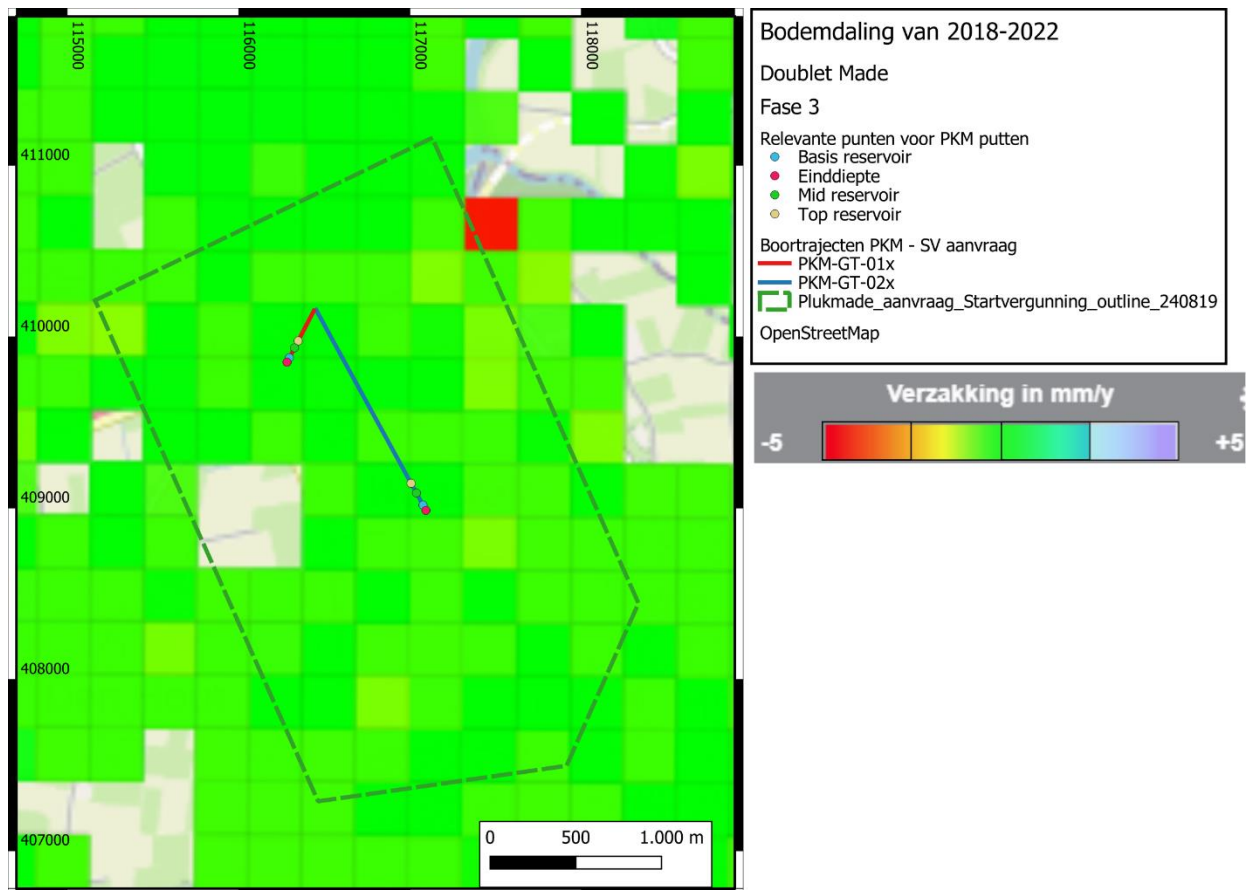
7.1 Bodemstijging en/of -daling

Figuur 7.1 toont een overzichtskaart van het aangevraagde gebied in de buurt van de mijnbouwlocatie en de geplande puttrajecten van de injector en producer. Het aangevraagde gebied is aangegeven door de gestreepte groene lijnen. De gekleurde achtergrondkaart is het resultaat van InSAR-metingen, gedownload vanaf de website bodemdalingskaart.nl op 30 september 2024.

De gedetailleerde meetresultaten die de trend van de achtergrond bodemdaling van 2018 tot 2022 illustreren zijn te zien in figuur 7.2 voor het gebied boven de productieput en in figuur 7.3 voor het gebied boven de injectieput. Beide figuren bestaan uit twee grafieken die de metingen vanuit twee verschillende satellietposities laten zien. In tabel 7.1 is de gemiddelde bodemdaling van deze vier grafieken gebundeld en volgt een gemiddelde bodemdaling van ongeveer 0,5 mm/jaar.

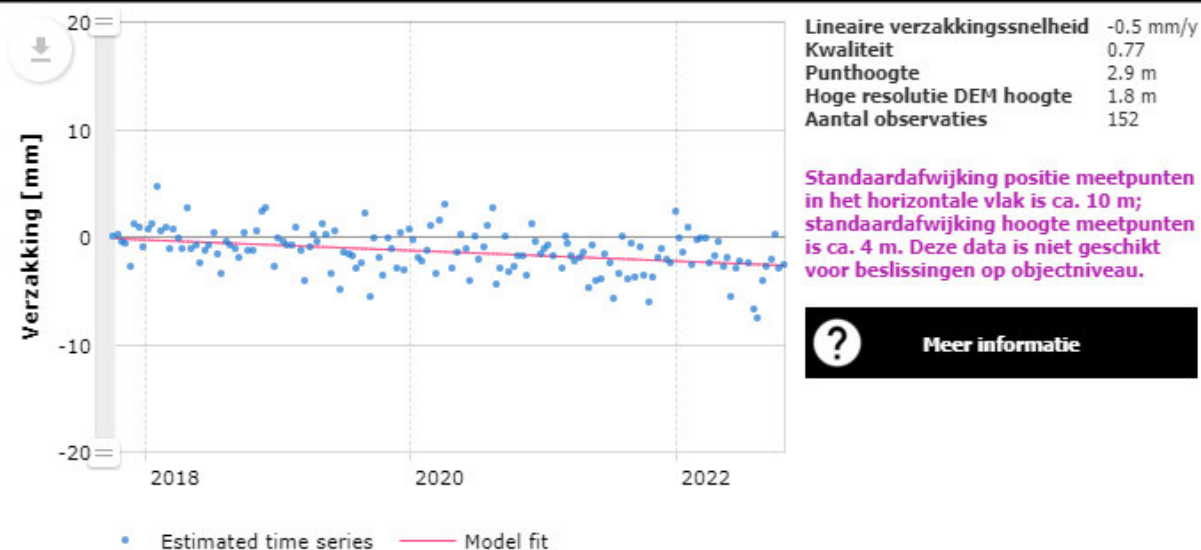
Als de huidige bestaande bodemdaling zich voortzet over een periode van 30 jaar zal dit een bodemdaling van ongeveer 15 mm veroorzaken. Het geplande aardwarmtesysteem van Plukmade gaat naar verwachting een kleine bijdrage leveren aan de totale bodemdaling. Het afgekoelde water dat wordt geïnjecteerd in het reservoir zal het gesteente langzaam afkoelen. Het kaartje in figuur 7.4 geeft de maximale bodemdaling zoals gesimuleerd met DoubletCalc2D na 30 jaar productie met de aanname dat het maximaal aangevraagde debiet en afkoeling 98% van de tijd gehaald kunnen worden. In een kleine straal rondom het injectiepunt zal het reservoir gesteente het meeste afkoelen en zal dus ook de meeste bodemdaling plaatsvinden. Zoals figuur 7.4 laat zien is de bodemdaling hier in totaal maximaal 7 mm na 30 jaar. Verder weg van het injectiepunt is de bodemdaling slechts enkele millimeters.

De bodemdaling als gevolg van de aardwarmtewinning plus de bodemdaling die niet gerelateerd is aan aardwarmtewinning is in totaal klein en heeft naar verwachting geen negatieve effecten ten aanzien van de veiligheid van omwonenden, gebouwen en infrastructurele werken, of natuur en milieu. Er zijn dus geen extra monitoringsmaatregelen nodig de bodemdaling in kaart te brengen.



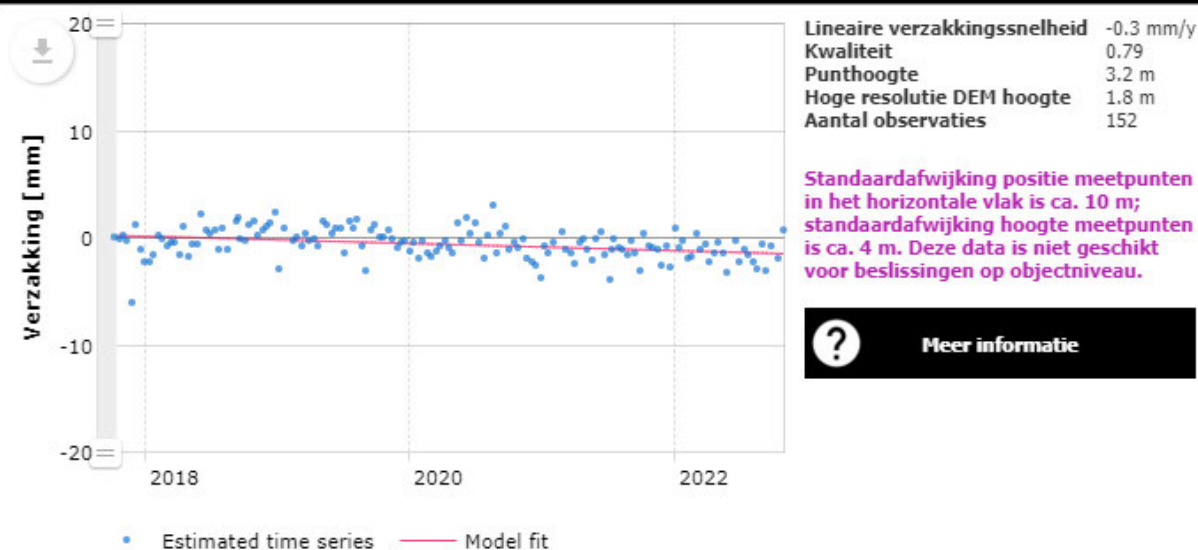
Figuur 7.1 Gemiddelde achtergrond bodemdaling zoals gemeten door de InSAR satellieten over de afgelopen jaren (bron: bodemdalingen.nl). De groene kleur bij de injectieput en productieput representeert een bodemdaling van $\sim 0,5$ mm/jaar.

Midden - 1



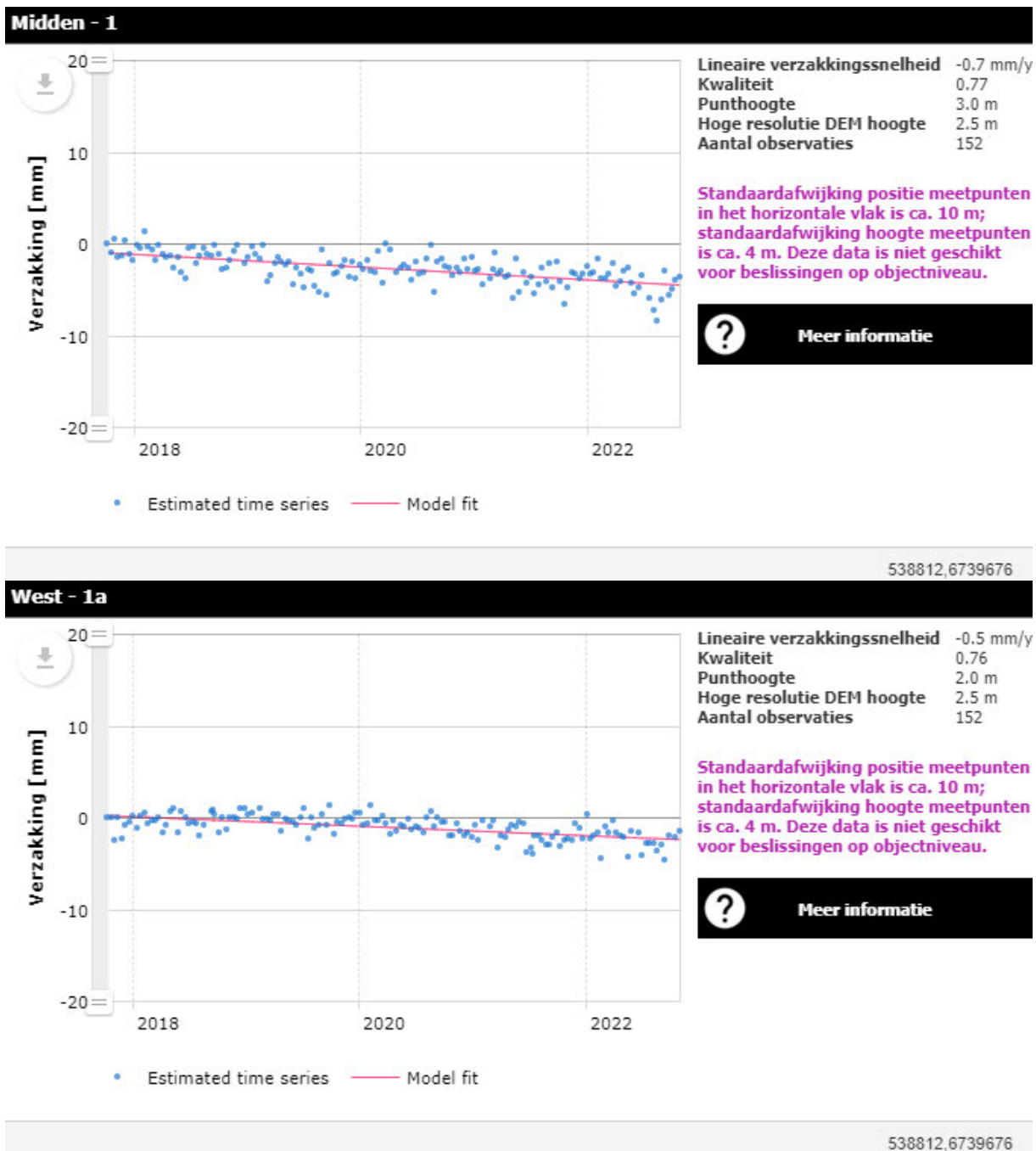
537379,6741778

West - 1a



537379,6741778

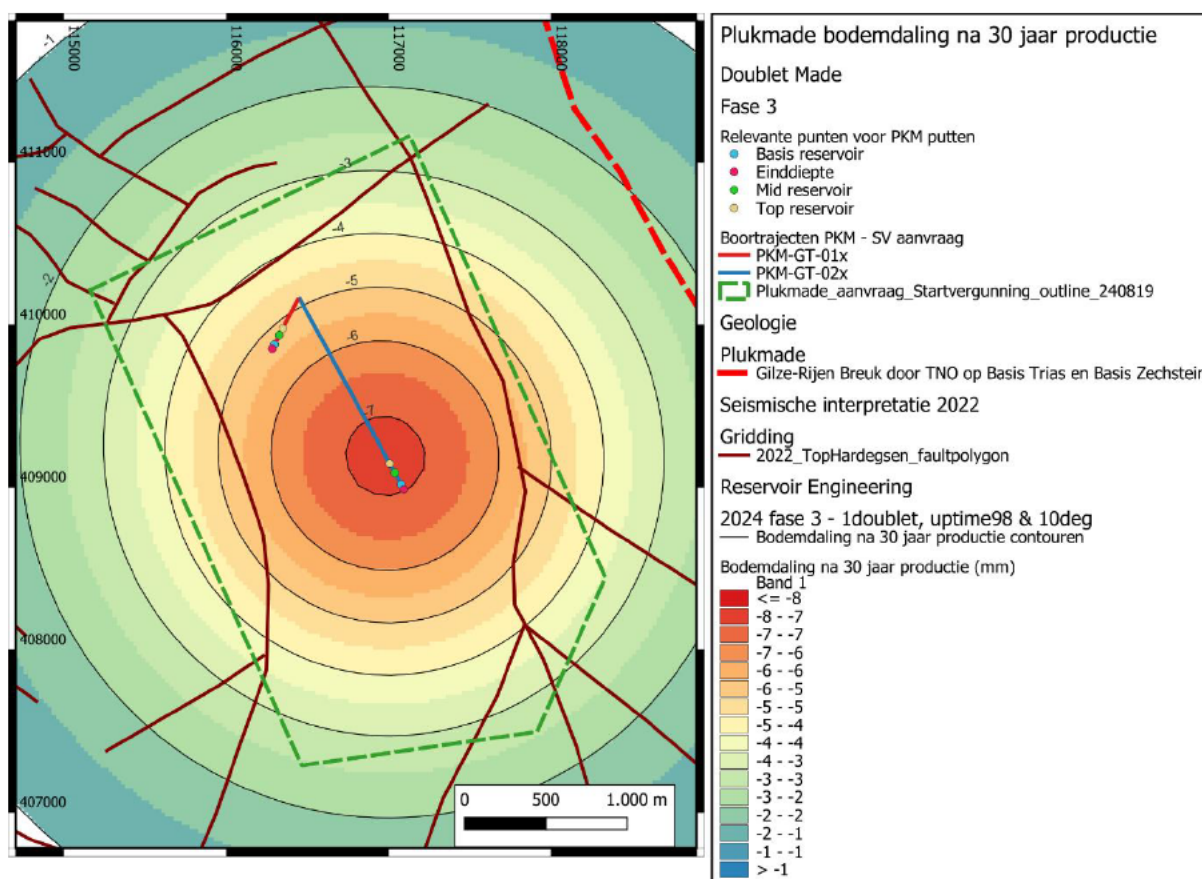
Figuur 7.2 Bodemdaling als gevolg van inklinking (dus niet veroorzaakt door aardwarmtewinning) op de lange termijn bij de producer, vanuit twee satellietposities (bron: bodemdalingskaart.nl).



Figuur 7.3 Bodemdaling als gevolg van inklinking (dus niet veroorzaakt door aardwarmtewinning) op de lange termijn bij de injector, vanuit twee satellietposities (bron: bodemdalingskaart.nl).

Bij put	Satelliet positie	Lineaire verzakkingssnelheid (mm/jaar)
PKM-GT-01	Midden - 1	0.5
PKM-GT-01	West - 1a	0.3
PKM-GT-02	Midden - 1	0.7
PKM-GT-02	West - 1a	0.5
Gemiddelde		0.5

Tabel 7.1 Gemiddelde natuurlijke bodemdaling per jaar.



Figuur 7.4 Kaart van de ligging van aangevraagde vergunningsgrenzen en de verwachte bodemdaling als gevolg van aardwarmtewinning, op basis van DoubletCalc-2D modellering met de operationele effecten zoals beschreven in paragraaf 4.6 over een periode van 30 jaar.

7.2 Bodemtrilling

Seismische Dreiging- en Risicoanalyse (SDRA) methodiek⁵ is een risico inventarisatie uitgevoerd voor het aardwarmtesysteem GPM. De resultaten van deze analyse zijn uitgewerkt in bijlage 8.

Aan de hand het eerste onderdeel van de SDRA-methodiek, de Seismische Dreigings-Screening (SDS), zijn er geen dreigingsfactoren geïdentificeerd bij het aardwarmtesysteem van GPM onder de veronderstelde geologische condities en de voorgenoemde operationele instellingen. Hierdoor wordt de seismische dreiging en risico bij dit project als verwaarloosbaar beschouwd. In lijn met het rapport waarin de SDRA-methodiek wordt beschreven, zijn er in dit geval geen verdere SDRA-stappen nodig. Omdat het risico nihil is, wordt er tevens geen schade verwacht en is een

⁵ <https://www.nlog.nl/sdra-geothermie-integriteit-afdichtend-pakket>

schadebedrag bepaling niet nodig.

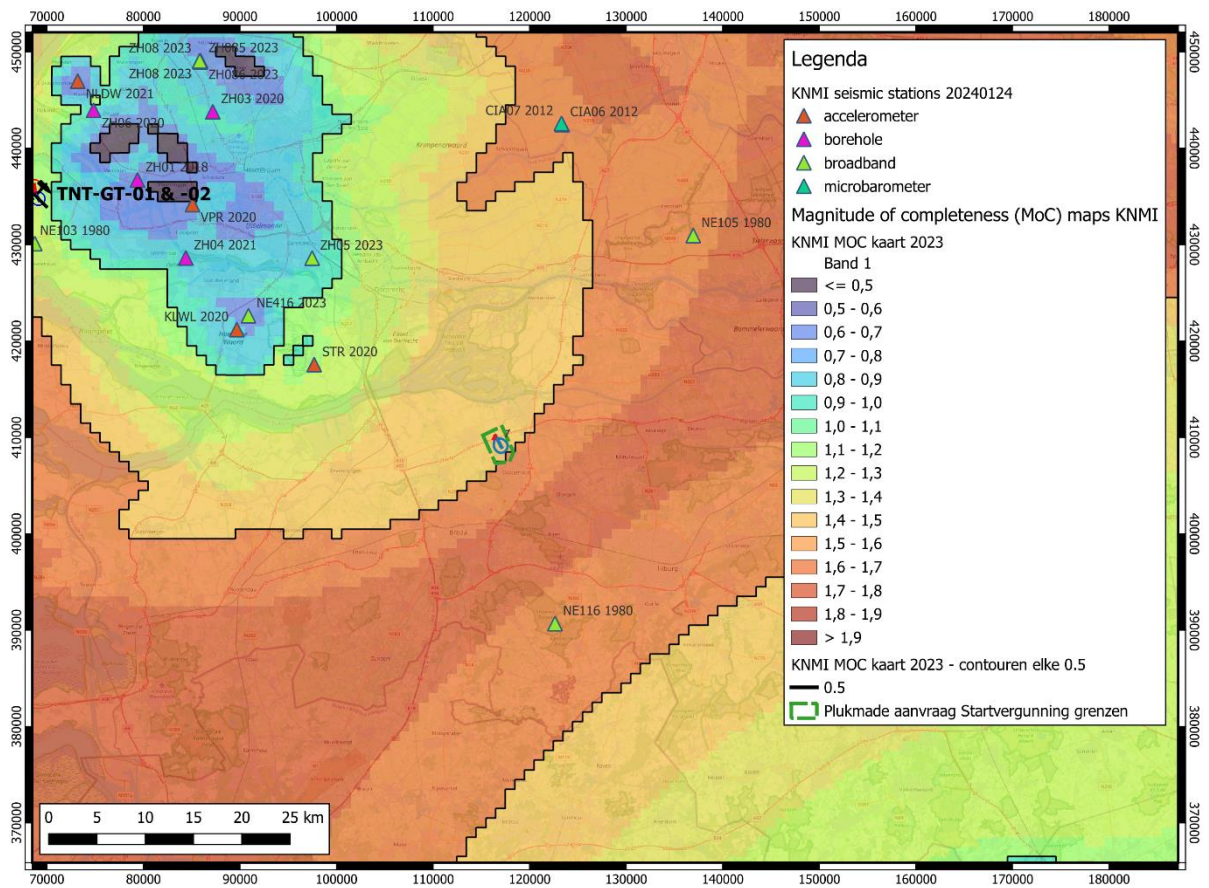
Dit betekent vanzelfsprekend ook dat de verwachte grondversnelling van een beving niet boven de 33 mm/s uit komt en dat er voldaan wordt aan de norm voor het lokaal persoonlijk risico van maximaal 1 op de 100.000 per jaar dat een individu mag lopen in of nabij de verschillende bouwwerken waar dat individu verblijft, als gevolg van bodemtrilling door de opsporing en winning van aardwarmte.

7.3 Monitoring bij beoogde wijze van winning

Het KNMI heeft in Nederland een uitgebreid netwerk van seismische meetstations aangelegd waarmee een groot deel van de natuurlijke en geïnduceerde aardbevingen kunnen worden geregistreerd en gelokaliseerd. Figuur 7.5 bevat de kaart die het KNMI heeft berekend waarop te zien is vanaf welke magnitude aardbevingen gelokaliseerd kunnen worden. Dit wordt de MoC (magnitude of completeness) kaart genoemd. Het KNMI is bezig met het plaatsen van nieuwe stations en naar aanleiding daarvan zal de MoC kaart geüpdatet worden.

In figuur 7.5 is te zien dat de MoC binnen de GPM vergunningsgrenzen 1,4 is. Het KNMI netwerk kan hier dus alle trillingen lokaliseren van deze magnitude of groter. In het Seismisch Risico Beheersplan (SRB) in bijlage 11 is een verdere uitwerking te vinden van de wijze van monitoring.

In het SRB staat ook een Traffic Light Systeem (TLS) waarin voor verschillende magnitudes acties worden gedefinieerd. Uit het TLS blijkt dat voor GPM de trillingen gemeten kunnen worden die in de categorie "niet voelbaar" vallen. Trilling uit deze categorie veroorzaken geen schade en vormen geen veiligheidsrisico. GPM kan en zal de bijbehorende acties uitvoeren die in het SRP (seismisch respons protocol) in bijlage 11 zijn opgenomen.



Figuur 7.5 Seismische stations van het KNMI rondom de beoogde Plukmade startvergunning. De kleuren geven de Magnitude of Completeness (MoC) kaart van het KNMI weer. De groene polygoon geeft de grenzen van de Startvergunning aan en binnen deze grenzen is de MoC 1.4.

8. Financiële capaciteiten

8.1 Financiële situatie aanvrager

Geothermie Plukmade B.V. is een besloten vennootschap met beperkte aansprakelijkheid ingeschreven in het Handelsregister onder nummer 76202593.

Geothermie Plukmade is een initiatief van Aardyn, EBN, Ennatuurlijk en Energiefonds Brabant. In 2018 is GPM gestart met de voorbereidingen voor de ontwikkeling van de aardwarmtebron. De warmte die we in Plukmade gaan produceren zal worden geleverd aan het Amernet. Hiermee kunnen aangesloten glastuinbouw en woningen worden verwarmd.

De deelnemers en de aandeelhouderspercentages in Geothermie Plukmade B.V. staan in tabel 8.1. Daaronder wordt een korte toelichting gegeven voor elk van de aandeelhouders. De jaarrekeningen van alle aandeelhouders zijn in de bijlagen toegevoegd.

Aandeelhouders	Aandeelhouderspercentage
Aardyn B.V.	27.5%
BOM B.V.	15%
EBN B.V.	30%
Ennatuurlijk B.V.	27.5%

Tabel 8.1 Aandeelhouders in Geothermie Plukmade B.V.

Aardyn B.V.

Een besloten vennootschap met beperkte aansprakelijkheid ingeschreven in het Handelsregister onder nummer 67472982.

Aardyn is actief op het gebied van het opsporen, ontwikkelen, realiseren en beheren van aardwarmteprojecten in Nederland. Aardyn is 100% onderdeel van Gaia Energy BV.

Geen bijzonder zeggenschap in GPM, meerderheden geregeld in de aandeelhoudersovereenkomst.

Energiefonds Brabant B.V.

Een besloten vennootschap met beperkte aansprakelijkheid ingeschreven in het Handelsregister onder nummer 59405791.

EFB stimuleert energiebesparing en productie van duurzame energie. EFB investeert in projecten en adviseert over organisatie en structurering van projecten.

Geen bijzonder zeggenschap in GPM, meerderheden geregeld in de aandeelhoudersovereenkomst.

EBN Aardwarmte B.V.

Een besloten vennootschap met beperkte aansprakelijkheid ingeschreven in het Handelsregister onder nummer 74656619.

EBN streeft met deelname in aardwarmteontwikkelingen door middel van de play-based portfolio benadering een versnelling na van de veilige en verantwoorde opschaling van aardwarmte in Nederland.

Geen bijzonder zeggenschap in GPM, meerderheden geregeld in de aandeelhoudersovereenkomst.

Ennatuurlijk B.V.

Een besloten vennootschap met beperkte aansprakelijkheid ingeschreven in het Handelsregister

onder nummer 58955720.

Ennatuurlijk bezit, exploiteert en ontwikkelt warmtenetten met eigen productie en inkoop en wenst in dezen warmte af te nemen van het Project (zoals hierna gedefinieerd) voor invoeding van haar Amernet.

Geen bijzonder zeggenschap in GPM, meerderheden geregeld in de aandeelhoudersovereenkomst.

8.2 Opbrengsten en kosten

In tabel 8.2 en tabel 8.3 is een overzicht opgenomen van de kosten en opbrengen. Tabel 8.3 is een beknopte weergave vanuit de business case.

Hoofd component	Kosten
Boorkosten doublet	€14,336,000
Warmtepompcentrale	€9,000,000
Ontwikkelingskosten	€4,356,000
Verzekeringen	€990,000
Bovengrondse apparatuur en materiaal	€11,711,500
Totaal CAPEX	€40,393,500

Tabel 8.2 Overzicht CAPEX.

Financieel jaar	Totaal	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
Heat revenues	52,056,313	2,108,721	3,309,252	2,971,573	3,129,113	3,267,657	3,374,572	3,309,278	3,319,419
SDE revenues	98,730,695	3,172,228	7,065,867	7,322,807	7,204,219	7,095,514	7,006,573	7,065,867	7,055,984
Other revenues	225,276	1,971	13,292	14,227	15,555	17,444	16,752	13,669	14,284
Electricity costs	(42,244,586)	(1,826,990)	(2,906,688)	(2,691,355)	(2,670,226)	(2,616,456)	(2,625,933)	(2,593,486)	(2,572,089)
Other operational costs	(15,847,794)	(453,666)	(925,479)	(943,989)	(962,869)	(982,126)	(1,001,769)	(1,021,804)	(1,042,240)
Depreciation & amortization	#N/A	(1,360,197)	(2,720,393)	(2,720,393)	(2,720,393)	(2,720,393)	(2,808,267)	(2,896,142)	(2,896,142)
Interest	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Corporate tax	#N/A	(416,853)	(976,049)	(1,006,241)	(1,017,213)	(1,034,303)	(1,008,577)	(986,764)	(987,238)
EBITDA	92,919,903	3,002,264	6,556,244	6,673,264	6,715,793	6,782,032	6,770,195	6,773,523	6,775,358
EBIT	47,051,504	1,642,068	3,835,851	3,952,871	3,995,400	4,061,639	3,961,928	3,877,381	3,879,216
EBT	47,051,504	1,642,068	3,835,851	3,952,871	3,995,400	4,061,639	3,961,928	3,877,381	3,879,216
Profit after tax	33,815,377	1,225,214	2,859,801	2,946,630	2,978,187	3,027,336	2,953,350	2,890,617	2,891,978

Financieel jaar	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
Heat revenues	3,481,083	3,458,383	3,448,251	3,557,658	3,649,438	3,738,205	3,898,806	2,034,904
SDE revenues	6,927,514	6,947,279	6,947,279	6,868,220	6,789,162	6,719,985	4,542,196	-
Other revenues	15,753	17,837	17,073	13,669	14,349	15,970	16,637	6,797
Electricity costs	(2,664,034)	(2,682,797)	(2,790,331)	(2,874,284)	(2,922,285)	(2,981,401)	(3,050,221)	(1,776,011)
Other operational costs	(1,063,085)	(1,084,347)	(1,106,034)	(1,128,154)	(1,150,717)	(1,173,732)	(1,197,206)	(610,575)
Depreciation & amortization	(2,896,142)	(2,896,142)	(2,905,288)	(2,914,434)	(2,914,434)	(2,914,434)	(2,914,434)	(4,670,771)
Interest	-	-	-	-	-	-	-	-
Corporate tax	(967,081)	(956,535)	(918,025)	(895,250)	(880,502)	(864,785)	(320,711)	-
EBITDA	6,697,231	6,656,355	6,516,237	6,437,109	6,379,946	6,319,027	4,210,211	(344,885)
EBIT	3,801,089	3,760,213	3,610,949	3,522,675	3,465,512	3,404,593	1,295,777	(5,015,656)
EBT	3,801,089	3,760,213	3,610,949	3,522,675	3,465,512	3,404,593	1,295,777	(5,015,656)
Profit after tax	2,834,008	2,803,678	2,692,924	2,627,425	2,585,010	2,539,808	975,067	(5,015,656)

Tabel 8.3 Overzicht opbrengsten en kosten project Plukmade.

Als onderdeel van de *Boorkosten doublet* is €3,3 miljoen opgenomen voor kosten onvoorzien/contingencies – in het geval dat er technische uitdagingen zijn gedurende het realiseren van het doublet. Resterend geld na realisatiefase uit deze post wordt opgenomen als een onderdeel van een reserve account. Deze wordt daarnaast gevuld in de loop van de tijd ter dekking van de kosten van verwijdering van de putten. Deze reserve account wordt, in geval dat er geen contingency overblijft, in twee kwartalen gevuld naar de target van €2,15 miljoen. Op basis van inschattingen bij andere projecten wordt dit voldoende geacht voor de verwijdering van de putten.

8.3 Financiering

Het project Geothermie Plukmade zal middels eigen equity van de aandeelhouders gefinancierd worden (zie bijgevoegde verklaringen van eigen vermogen of comfortletter in de bijlagen 1i t/m 1l). Uitgaande van een totale CAPEX van €40,4 miljoen zal er door de aandeelhouders in GPM 100% van de CAPEX aan eigen vermogen worden ingebracht. Na realisatie wordt er overwogen om non-recourse projectfinanciering aan te trekken met bancaire financiering ter hoogte van 70% van het benodigde vermogen (DEVEX en CAPEX).

8.4 Aansprakelijkheid

Dienstverleningsovereenkomst

Aardyn B.V. verleent diensten in opdracht van Geothermie Plukmade B.V. voor het voor het geothermieproject Geothermie Plukmade en haar projectorganisatie. Alle werkzaamheden binnen de startvergunning zullen worden uitgevoerd conform het zorgsysteem van Aardyn. De getekende Dienstverleningsovereenkomst tussen GPM en Aardyn B.V. is bijgevoegd in bijlage 12.

Verzekeringen

Op basis van een verzekeringsanalyse geijkt op voorgaande projecten - Haagse Aardwarmte Leyweg, Geothermie Delft en anderen - zal Geothermie Plukmade een uitgebreid verzekeringspakket afspreken, waaronder:

- een bedrijfsaansprakelijkheidsverzekering met een dekking van naar schatting 5 mEUR per aanspraak en een maximum van 10 mEUR per jaar, waarbij ook schade door toedoen van verontreiniging of seismische trillingen gedekt is en;
- een machinebreuk verzekering waaronder ook bedrijfsgebouwen vallen;
- verzekering voor bedrijfsschade ter dekking van gemiste.

Deze verzekeringen zullen jaarlijks worden vernieuwd.

9. Warmte aanbod en -afzet

9.1 Inpassing in regionale beleidsplannen

De provincie Noord-Brabant streeft er naar om in 2050 een klimaat-neutrale energievoorziening te realiseren waarin de warmtetransitie een belangrijke rol speelt. In de huidige situatie voorziet de gebouwde omgeving 37% van de totale energievraag in de provincie; grotendeels ingevuld door aardgas. Uit de Statenmededeling "Warmtetransitie Noord-Brabant": Onderweg vanuit de Energieagenda 2030: De Warmtetransitie in Brabant:

"Het grootste warmtenet in Brabant is het Amernet. Dit warmtenet levert circa 2.200.000 GJ warmte aan 51.000 huishoudens en 355 bedrijven in Breda, Tilburg, Oosterhout, Geertruidenberg, Drimmelen en Made. Ook in andere gemeenten, zoals 's-Hertogenbosch, Oss, Goirle, Roosendaal, Helmond, Eindhoven, Bergen op Zoom en Steenbergen zijn collectieve warmtesystemen in gebruik of in ontwikkeling."

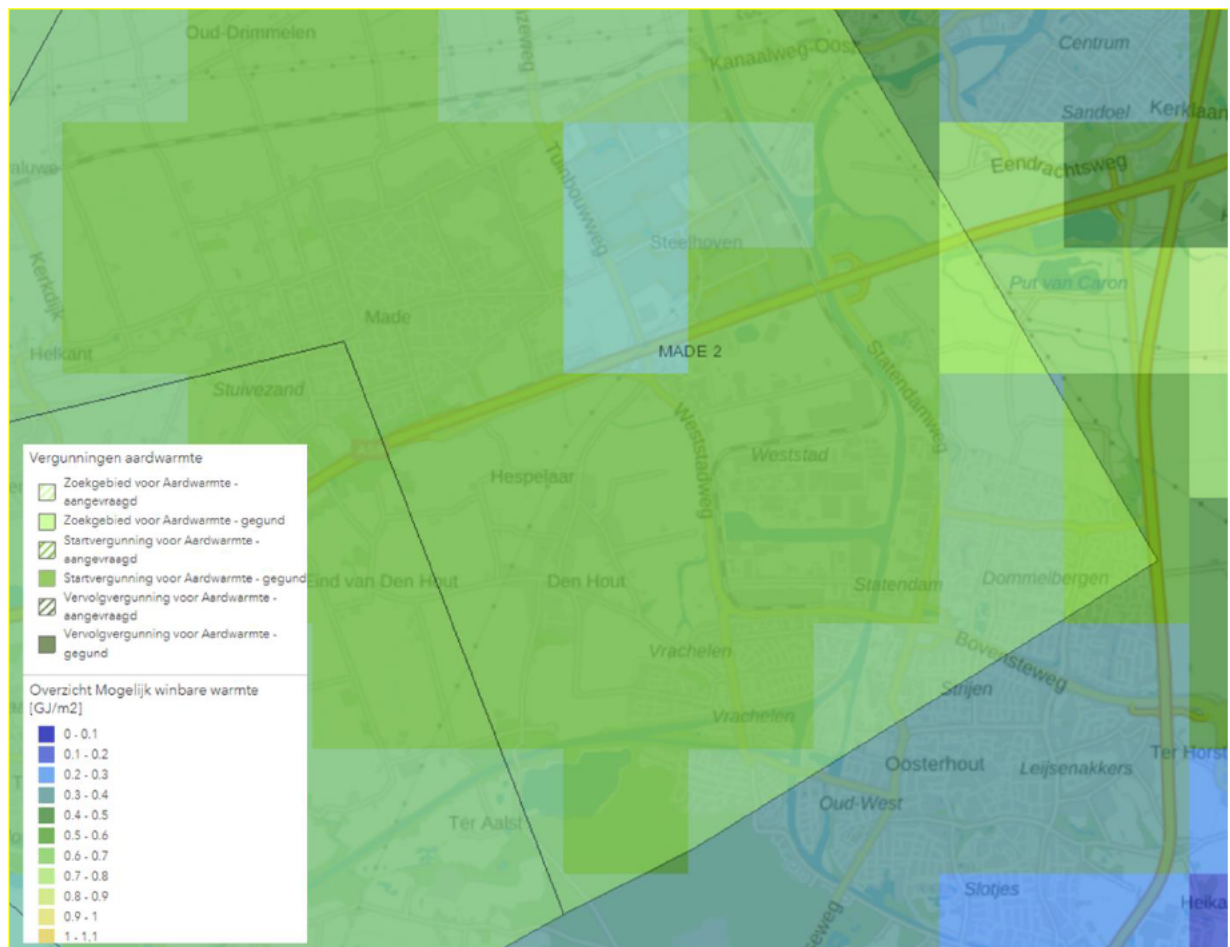
Een van de specifieke doelen voor het Amernet is het ontwikkelen van duurzame decentrale warmtebronnen. Hierbij wordt Geothermie Plukmade expliciet benoemd als hoopgevende ontwikkeling.

Ook in de transitievisie Warmte van de Gemeente Drimmelen en in de verduurzamingsstrategie van het Amernet wordt expliciet geothermie als oplossing benoemd. Specifiek:

"De provincie Noord-Brabant en de gemeente Drimmelen staan in beginsel positief tegenover de ontwikkeling van geothermie. Geothermiewinning kan een bijdrage leveren aan de energietransitie en CO2-reductie. Hierbij stellen we de voorwaarde dat het zoeken naar locaties en het winnen van aardwarmte veilig, milieu hygiënisch verantwoord gebeurt en ook past op de locatie waar het plaats vindt. Daarnaast vindt het gemeentebestuur het van groot belang dat de omgeving op tijd en op de juiste wijze wordt geïnformeerd over het project. Zowel als locaties gezocht worden, tijdens het bouwen van de installatie en als de installatie er staat, door evaluatie en monitoring."

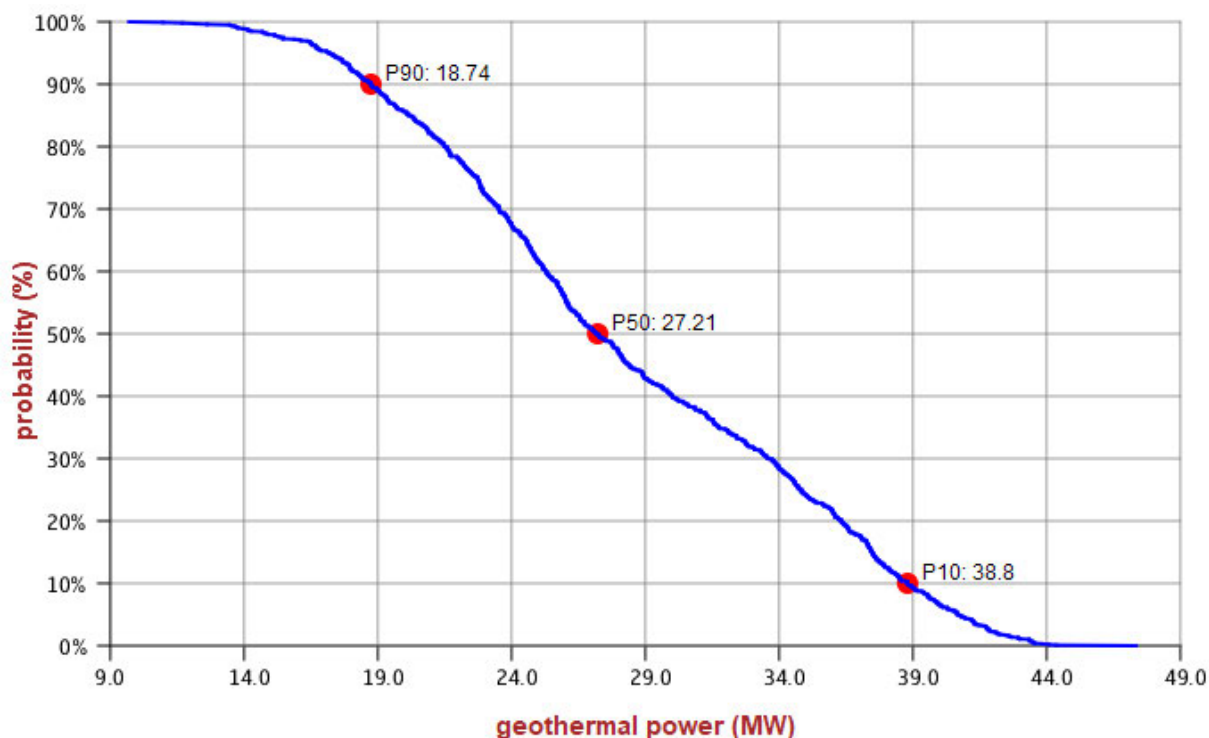
9.2 Warmteaanbod

Figuur 9.1 bevat een kaart met de hoeveelheid potentieel winbare warmte in het aangevraagde gebied, uitgedrukt in GJ/m² (ThermoGIS kaart).



Figuur 9.1 ThermoGIS kaart hoeveelheid potentieel winbare warmte.

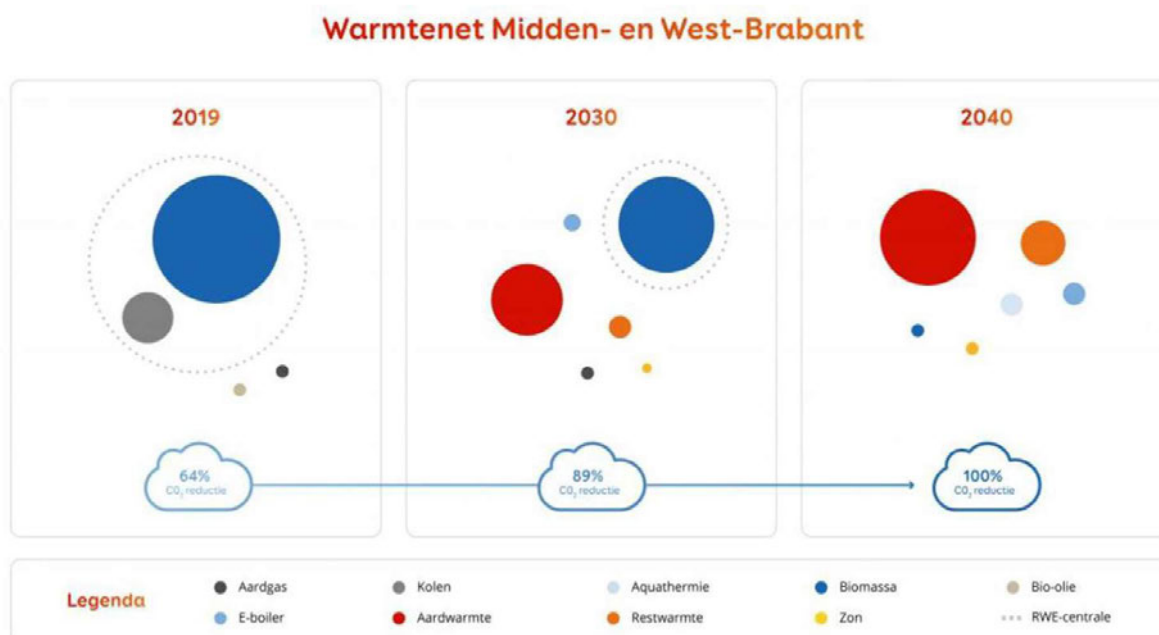
Het potentieel P50 vermogen dat in het aangevraagde gebied met het huidige doublet kan worden bereikt binnen de huidige operationele begrenzings is weergegeven in de vermogensverwachtingscurve uit DoubletCalc in figuur 9.2. Voor deze output is dezelfde DoubletCalc input gebruikt als beschreven in paragraaf 5.2.



Figuur 9.2 Probabilistische curve van het geothermisch vermogen.

9.3 Warmte afzet en transport

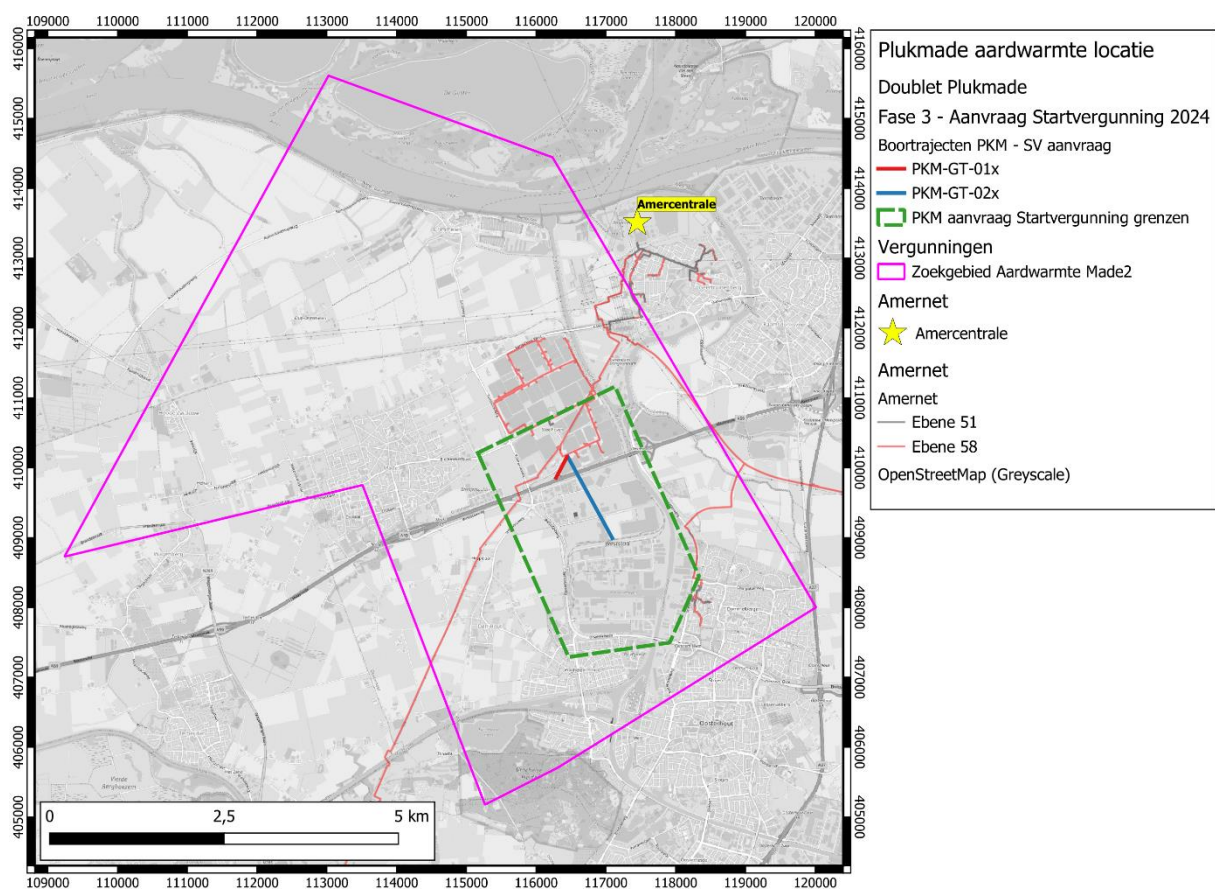
Momenteel is onzeker op welke termijn de RWE Amercentrale uit bedrijf gaat. Om deze reden werkt Ennatuurlijk aan een diversificatie strategie met meerdere warmtebronnen en heeft deze verder uitgewerkt in een transitieplan. Op deze manier kan de toekomstige uitbedrijf name van de RWE Amercentrale soepel verlopen. In het transitieplan zijn verschillende routes voorzien, met per route in meer of mindere mate ook aardwarmtebronnen. In figuur 9.3 is de ontwikkeling in grote lijnen weergegeven.



Figuur 9.3 Toekomstige ontwikkeling Warmtenet Midden- en West-Brabant.

De fasering van deze doubletten zal mede afhangen van de uitfasering van de RWE Amercentrale. In alle scenario's is momenteel ruimte voor een aantal doubletten. Momenteel is de warmteproductie in het warmtenet ca. 3,6 TJ, waarvan ca. 1,9 TJ voor Breda en tuinders in het gebied Plukmade. Per aardwarmte doublet zal een keuze gemaakt worden voor "basislast" bedrijf of "geen basislast" bedrijf. De productie per doublet kan zo variëren van 0,2 TJ - 0,4 TJ en daarmee zijn meerdere doubletten qua warmte afname mogelijk.

De inpassing van de aardwarmtedoubletten zal extra maatregelen vragen t.a.v. de aanvoer en retour temperatuur. Hiervoor zijn van belang: het gebruik van warmtepomp techniek en het verlagen huidige temperaturen in het warmtenet. Hier heeft Ennatuurlijk inmiddels ervaring mee op andere locaties in NL en ook voorziet de SDE++ 2022 hierin. Ennatuurlijk is continue bezig om de temperaturen van het warmtenet te verlagen en zal dit de komende tijd intensiveren om meer duurzame bronnen mogelijk te maken, waaronder aardwarmte. Met tuinders zijn in de intentieovereenkomst aanzienlijke temperatuurverlagingen afgesproken, zodat aardwarmte ingepast kan worden. In figuur 9.4 is het bestaande warmtenet weergegeven.



Figuur 9.4 Warmtenet Amernet in omgeving projectgebied.

9.4 Warmteleveringsovereenkomst

Op 28 februari 2024 is er een Head-of-Terms Warmteleveringsovereenkomst (HOT WLO) getekend tussen Ennatuurlijk en GPM, zie bijlage 13. Op basis van deze overeenkomst wordt de uiteindelijke Warmteleveringsovereenkomst (WLO) uit onderhandeld. De verwachting is dat deze WLO in december van 2024 overeen gekomen wordt. De belangrijkste afspraken in de HoT WLO zijn:

- Afname afspraken op basis van 17MW jaarlijks

- Minimale afname van 102.000MWh per jaar
- Beschikbaarheidsgarantie vanuit GPM van 93% - oftewel 8760 uren per kalenderjaar
- In de uiteindelijke WLO wordt een incentive structuur om meer uitkoeling en draaiuren te stimuleren van de geothermie bron.

Bijlagen

Bijlage 1a – KvK uittreksel Geothermie Plukmade B.V.
Bijlage 1b – Jaarrekening Geothermie Plukmade B.V.
Bijlage 1c – Statuten Geothermie Plukmade B.V.
Bijlage 1d – KvK uittreksel Aardyn B.V.
Bijlage 1e – Jaarrekening Aardyn B.V.
Bijlage 1f – Jaarrekening EBN B.V.
Bijlage 1g – Jaarrekening Ennatuurlijk B.V.
Bijlage 1h – Jaarrekening Energiefonds Brabant
Bijlage 1i – Verklaring eigen vermogen Ennatuurlijk
Bijlage 1j – Verklaring eigen vermogen EBN
Bijlage 1k – Verklaring eigen vermogen Energiefonds Brabant
Bijlage 1l – Verklaring eigen vermogen AEX & Balance sheet
Bijlage 2 – Panterra petrophysics and cuttings
Bijlage 3 – Panterra report Made dissolved gas
Bijlage 4 – Plukmade geologische evaluatie
Bijlage 5 – Bijlagen geologische evaluatie
Bijlage 6 – Geologisch addendum Plukmade
Bijlage 7 – Plukmade seismische interpretatie
Bijlage 8 – SDRA Plukmade
Bijlage 9 – HCRA
Bijlage 10 – Geohydrologisch rapport
Bijlage 11 – Seismisch risico beheersplan
Bijlage 12 – Dienstverleningsovereenkomst - VERTROUWELIJK
Bijlage 13 – HOT WLO – VERTROUWELIJK
Bijlage 14 – Deviatietabellen