

Winningsplan Aardwarmte Aardwarmte Combinatie Luttelgeest

Opgesteld in het kader van de Mijnbouwwet en het Mijnbouwbesluit



Juli 2022, v4.0

Aardwarmte Combinatie Luttelgeest (ACL) BV
Lindeweg 39
8315 RA
Luttelgeest
KVK nr 64399613

Inhoud

1.	Inleiding.....	3
1.1	Wettelijk kader.....	4
1.2	Verantwoorde winning, veilig voor mens en milieu	5
1.3	Procedure en Publiekscommunicatie	5
2.	Locatie en beschrijving van het geothermie systeem.....	6
2.1	Locatie van het geothermie systeem	6
2.2	Beschrijving van geothermie systeem	8
3.	Ondergrond.....	9
3.1	Keuze van de referentieputten en putinformatie.....	9
3.2	Seismische gegevens.....	9
3.3	Coördinaatsysteem	9
3.4	Algemene beschrijving ondergrond.....	11
3.5	Resultaten reservoir karakterisatie.....	12
3.6	Formatiewater karakteristiek	13
4.	Beoogde wijze van winning.....	18
4.1	Putintegriteit	18
4.2	Putintegriteitmonitoring	24
4.3	Installatie.....	25
4.4	Beoogde systeemconfiguratie	26
4.5	Reservoir integriteit	30
4.6	operationele instellingen	31
4.6.1	Operationele begrenzingen	31
4.6.2	Karakterisatie geothermie systeem	32
4.7	Prognose winning.....	33
5.	Interferentie met ander gebruik (diepe) ondergrond	34
6.	Natuur en milieu	37
6.1	Bodemdaling of - stijging	37
6.2	Beschermde gebieden	38
6.3	Grondwater.....	39
7.	Bodemtrilling.....	40
8.	Voorziene kosten van winning.....	41
9.	Referenties.....	42
10.	Bijlages	43
	Bijlage 1 Aardwarmte Combinatie Luttelgeest SHA, Fase 1	44
	Bijlage 2 Seismiciteit Respons Protocol ACL	45

1. Inleiding

Aardwarmte Combinatie Luttelgeest (hierna ACL) heeft in 2020 drie geothermieputten gerealiseerd. Twee injectieputten (LTG-GT-05 & LTG-GT-06) en één productieput (LTG-GT-04). De aardwarmtecentrale is in 2020/2021 aangelegd en in 2022 opgeleverd. Sinds januari 2022 wordt het geothermie systeem van ACL BV getest.

ACL heeft op 14 december 2019 een aanvraag ingediend voor een winningsvergunning voor aardwarmte, ingevolge artikel 10 van de Mijnbouwwet. Het aangevraagde gebied genaamd Luttelgeest II, ligt in de gemeente Noordoostpolder (provincie Flevoland) en Steenwijkerland (provincie Overijssel). De oppervlakte van het aangevraagde gebied bedraagt 24,52 km². Sinds 2 december 2020 is ACL BV in het bezit van de winningsvergunning aardwarmte Luttelgeest II.

Op 12 december 2019 heeft Aardwarmtecombinatie Luttelgeest B.V. een verzoek tot instemming met het winningsplan Luttelgeest II ingediend voor de aardwarmtewinning. Sinds 23 oktober 2021 is het Instemmingsbesluit winningsplan Luttelgeest II rechtsgeldig.

In het pre-drill winningsplan Luttelgeest II is beschreven dat de reservoirintegriteit en de maximale injectiedruk nauwkeuriger worden bepaald na de boringen. Op basis van gegevens verkregen tijdens de boringen en well tests en aanvullende seismische data heeft IF Technology een SHA (Seismic Hazard Analysis) uitgevoerd (Bijlage 1). In deze SHA is onderbouwd wat de maximaal toelaatbare injectiedruk is in de injectieputten en zijn de risico's m.b.t. seismiciteit inzichtelijk gemaakt.

Het onderzoek van IF Technology (Bron: Bijlage 1) toont aan dat de integriteit van de hoofdafsluitende laag (mergel, Upper Holland Marl) en daarmee de insluiting van injectievloeistoffen in het geothermie systeem over de levensduur van het project gewaarborgd wordt bij een injectiedruk van 72 bar BHP en een injectietemperatuur van 20 °C.

ACL heeft besloten om veiligheidshalve een maximale THP van 65 bar BHP aan te houden en om eind 2023 een nieuwe injectieput (LTG-GT-12) te boren en zo de vereiste injectie/ productie debieten te kunnen realiseren.

Het winningsplan Luttelgeest II is geüpdatet en aangevuld met alle gegevens die zijn verkregen tijdens de boringen en well tests. Dit nieuwe winningsplan is opgesteld ter onderbouwing van het verzoek tot wijziging instemmingsbesluit aardwarmte winningsplan Luttelgeest II, Artikel 2.

1.1 Wettelijk kader

Het winnen van delfstoffen en aardwarmte vanuit een voorkomen geschiedt ex artikel 34, eerste lid, van de Mijnbouwwet overeenkomstig een winningsplan, dat bij het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat wordt ingediend. Daarbij hoort de volgende omschrijving:

De vergunninghouder wordt verplicht een winningsplan op te stellen. In dat plan zal hij moeten aangeven op welke wijze en in welk tempo hij de aardwarmte wil winnen. Dit winningsplan is van belang om te kunnen bezien of de hoeveelheid te winnen aardwarmte, de wijze en het tempo van winning in lijn zijn met efficiënt planmatig beheer. Tevens kan het plan worden bezien in het licht van een zorgvuldige winning met het oog op bodembewegingseffecten: bodemdaling en bodemtrilling.

Het winningsplan betreft enkel die elementen die onder de Mijnbouwwet vallen en die te maken hebben met de ondergrondse winning en de gevolgen van het winnen van aardwarmte, zoals beschreven in de Mijnbouwwet, artikel 35. Het bovengrondse systeem valt vergunningtechnisch onder de WABO danwel het BARMM. Voor de inhoud van een winningsplan voor delfstoffen wordt nadere invulling van de artikelen 34-38 Mijnbouwwet gegeven in de artikelen 24 en 25 van het Mijnbouwbesluit (Mbb).

1.2 Verantwoorde winning, veilig voor mens en milieu

Aardwarmte Combinatie Luttelgeest beschikt over een VGM-zorgsysteem vanuit GNL. Dit Zorgsysteem is een formeel systeem dat ontwikkeld is om Veiligheid, Gezondheid en Milieu te managen binnen de organisatie in lijn met het overkoepelende beleid en doelstellingen. Het VGM beleid en de doelstellingen zijn terug te vinden in het VGM-zorgplan van Aardwarmte Combinatie Luttelgeest. Het VGM-zorgsysteem volgt o.a. de onderstaande veiligheid-, gezondheid- en milieu kwaliteitsnormen:

- ISO 9001:2015.
- ISO 14001:2015.
- ISO 45001:2018.

De uitvoering van de procedures en instructies vanuit dit VGM-zorgsysteem wordt o.a. gewaarborgd middels werkinstructies, werkplannen en werkvergunningen. Alle VGM-zorg werkzaamheden worden gemonitord middels een Jaarplanning, met bijbehorende actielijst en PVA. Alle VGM-documentatie en bijbehorende risico-inventarisaties en evaluaties worden periodiek geüpdatet. Veiligheids-protocollen en instructies worden o.a. vastgelegd in een noodplan, explosieveiligheidsdocument en een opstart en gebruik document.

De integriteit van alle assets en de putten wordt gewaarborgd middels een Asset Integrity Management Plan en een Well Integrity Management Plan. Het AIMP en WIMP volgen respectievelijk de normen ISO 55001 en de ISO 16530-2 en zijn onderdeel van het VGM-zorgsysteem. Periodiek worden inspecties uitgevoerd, onderdelen gekeurd en wordt onderhoud gepleegd volgens het AIMP en WIMP. Daarbij wordt extra aandacht besteed aan de elementen die belangrijk zijn voor het voorkomen of mitigeren van incidenten met risico's voor veiligheid, gezondheid en milieu.

Er is periodiek overleg met andere geothermie operators en GNL om ervaringen, aanbevelingen en best practices te bespreken en te delen. Indien van toepassing of meerwaarde, worden aanbevelingen vanuit GNL door Aardwarmte Combinatie Luttelgeest overgenomen.

1.3 Procedure en Publiekscommunicatie

Aardwarmte Combinatie Luttelgeest communiceert proactief met omwonenden en andere stakeholders in de omgeving. Informatie wordt verschaft via de website. Daarnaast worden er regelmatig presentaties gegeven tijdens evenementen en zijn er rondleidingen voor geïnteresseerden.

2. Locatie en beschrijving van het geothermie systeem

2.1 Locatie van het geothermie systeem

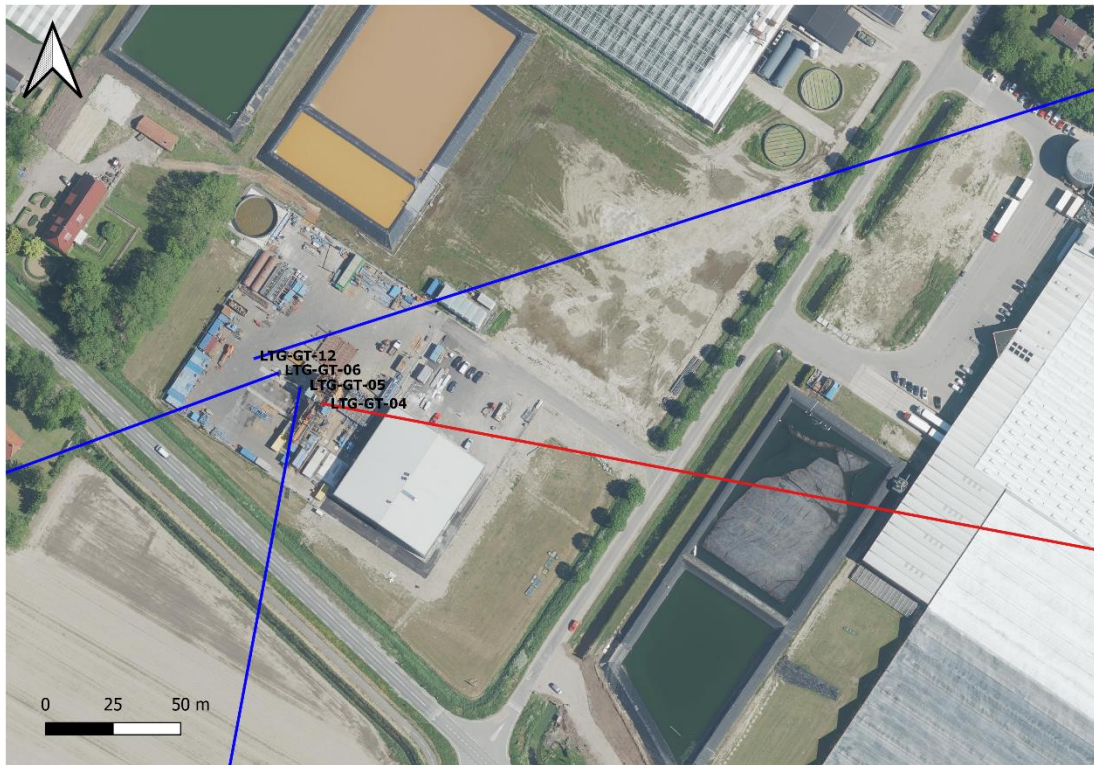
Aardwarmte Combinatie Luttelgeest (hierna ACL) heeft in 2020 drie geothermieputten gerealiseerd. Twee injectieputten (LTG-GT-05 & LTG-GT-06) en één productieput (LTG-GT-04). Het geothermie systeem zal warmte leveren aan onder andere Bernhard Plantenkwekerij B.V. en Tas Paprika C.v. De aardwarmtecentrale is in 2020/2021 aangelegd en in 2022 opgeleverd. Sinds januari 2022 wordt het geothermie systeem van ACL BV getest. ACL is voornemens om in 2023 een extra injectieput te boren (LTG-GT-12).

In figuur 1 zijn de puttrajecten van de bestaande putten (GT-04, GT-05 & GT-06) en de nieuwe put (GT-12) weergegeven en de contouren van de winningsvergunning aardwarmte Luttelgeest II.



Figuur 1: Winningsvergunning ACL en puttraject geothermisch triplet

De boorlocatie en aardwarmtecentrale van ACL zijn gelegen nabij het dorp Luttelgeest, in de gemeente Noordoostpolder, in de Provincie Flevoland. In figuur 2 is op een plattegrond de ligging van het pomphuis en de geothermieputten weergegeven.

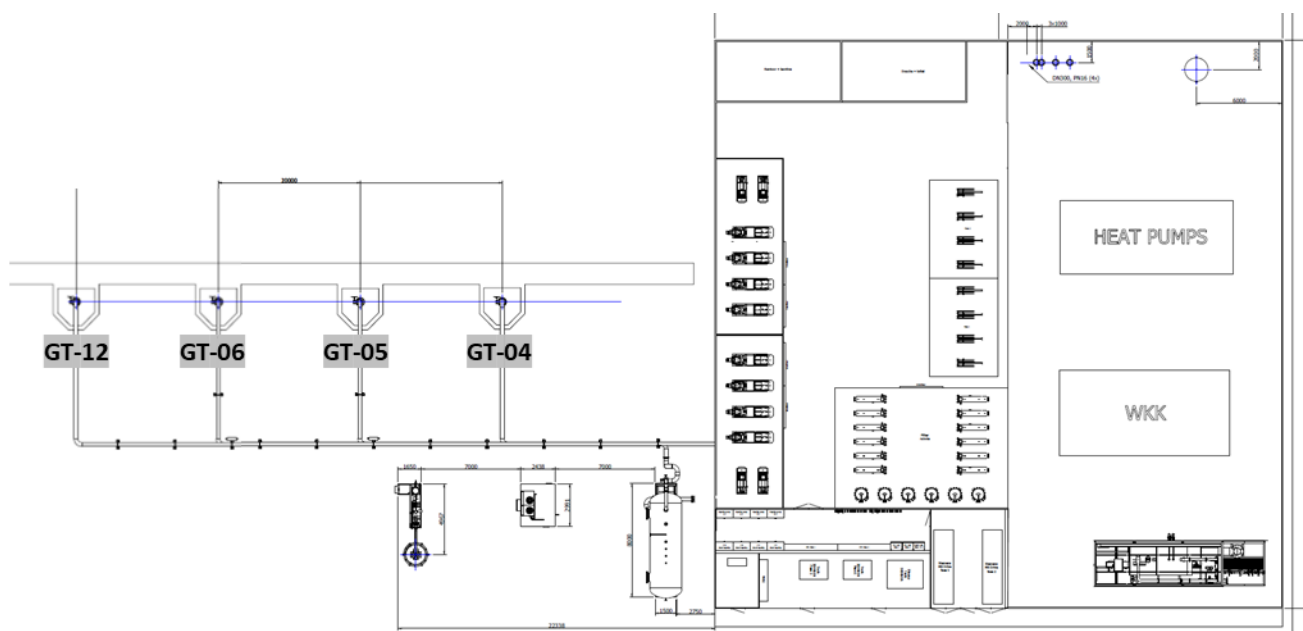


Figuur 2: Boorlocatie en aardwarmtecentrale ACL

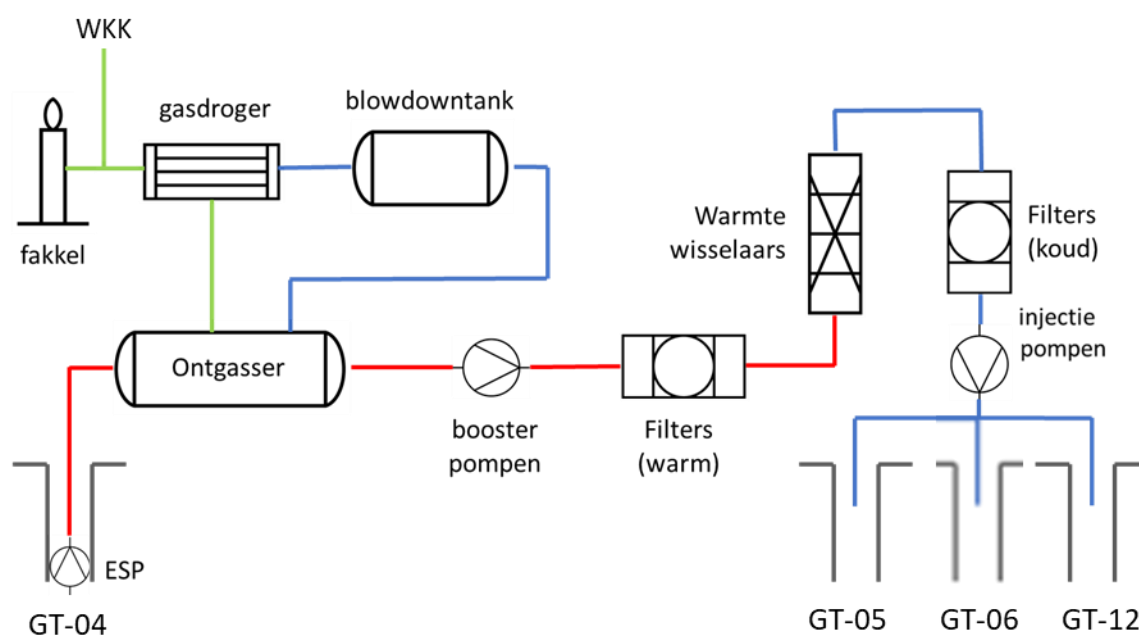
2.2 Beschrijving van geothermie systeem

Het geothermisch triplet van ACL is schematisch weergegeven in Figuur 3 en 4 en bestaat uit een productieput en twee injectieputten met daartussen een gas/water scheider (GLCC + buffer tank), gasverwerkingsinstallaties en een aardwarmtecentrale, waar warmte wordt onttrokken aan het geproduceerde water.

De boorlocatie is in de zomer van 2019 aangelegd. Het aardwarmtegebouw is in 2020 opgeleverd en in 2021 is gestart met de aanleg van de installaties. Het geothermie systeem is in 2022 opgeleverd. In 2023 wordt het systeem uitgebreid met een extra injectieput.



Figuur 3: Plattegrond van de mijnbouwinstallatie.



Figuur 4: Schematisch overzicht van de mijnbouwinstallatie.

3. Ondergrond

In dit hoofdstuk wordt beschreven welke boringen en seismische data zijn gebruikt voor de gedetailleerde evaluatie van de ondergrond.

3.1 Keuze van de referentieputten en putinformatie

In de omgeving van Luttelgeest zijn enkele putten geboord voor de exploratie van koolwaterstoffen. De gegevens van een aantal putten zijn gebruikt om de diepte, dikte en reservoir eigenschappen van de Slochteren formatie te beoordelen. Deze putten zijn weergegeven in figuur 5.

3.2 Seismische gegevens

Voor het geologisch onderzoek zijn 2D seismische gegevens gebruikt. Het gebied rondom Luttelgeest is bedekt met seismische lijnen met een afstand van ongeveer 1-2 km. In figuur 5 is een overzicht gegeven van de gebruikte seismische lijnen. Voor meer informatie over de seismische lijnen en de toegepaste tijdsverschuivingen wordt verwezen naar het geologisch onderzoek.

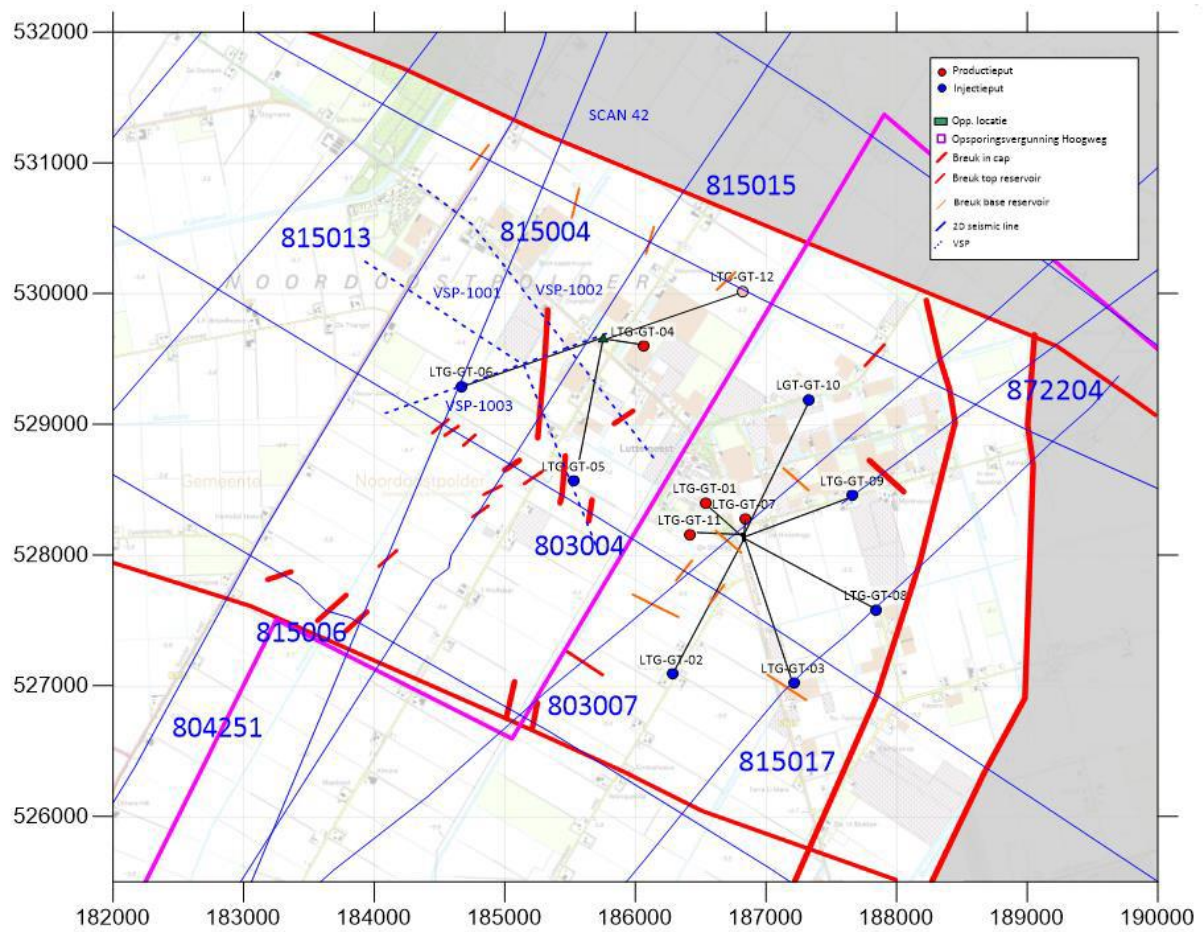
In April 2021 is er in het winningsgebied van ACL aanvullend seismisch onderzoek uitgevoerd. Er zijn 3 seismische lijnen geschoten met behulp van Vibro trucks. Parallel aan deze seismische lijnen zijn aan het oppervlak geofoons geïnstalleerd en er is een VSI tool in LTG-GT-06 geïnstalleerd. Hierdoor is er zowel 2d als 3d seismische data gecreëerd.

Daarnaast is in 2021 de seismische lijn 42 van het project SCAN geschoten middels explosieven en surface geofoons.

Met behulp van de aanvullende seismische data is het reservoirmodel geüpdatet en beschreven in het rapport SHA, Bron: Bijlage 1 (IF, 2022).

3.3 Coördinaatsysteem

Alle kaarten en gegevens zijn weergegeven in het RD coördinatenstelsel.



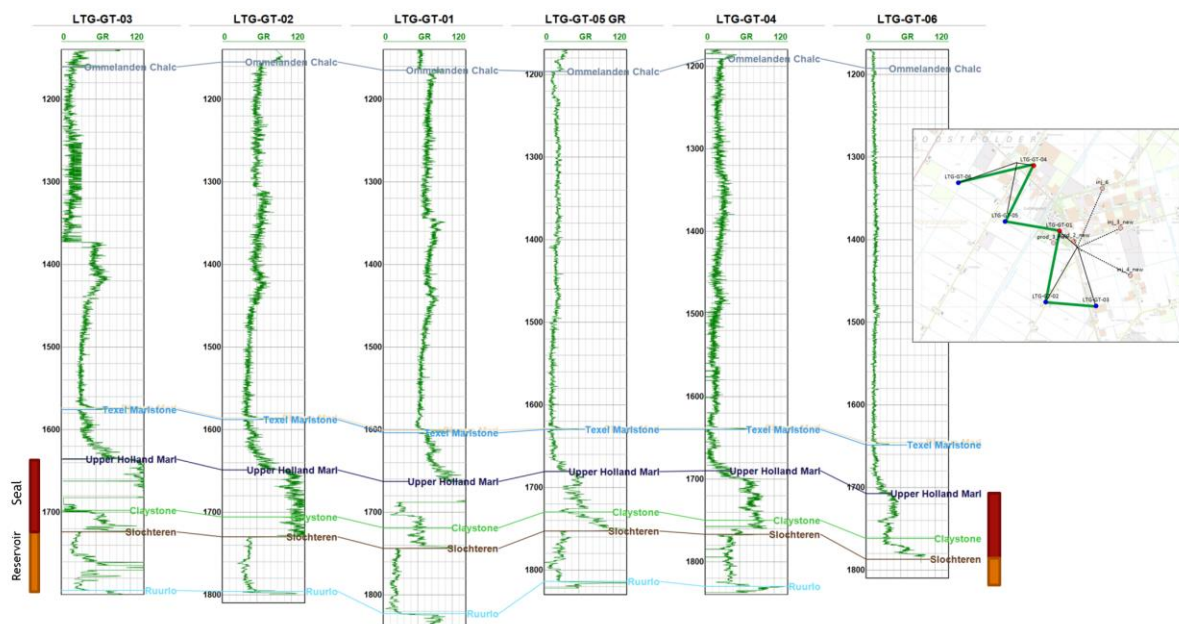
Figuur 5: Gebruikte gegevens: locatie van gebruikte putten en gebruikte seismische data. (Bron: IF Technology, 2022)

3.4 Algemene beschrijving ondergrond

De geothermieputten van Aardwarmte Combinatie Luttelgeest gebruiken de Slochteren zandsteen formatie als aquifer. In figuur 6 is de ligging van de aquifer weergegeven.

De geologische onderzoeken die zijn uitgevoerd voor de putten van ACL zijn hieronder opgesomd:

- IF Technology (2015). Optimalisation Aardwarmte Luttelgeest. Referentie 63341/NB/20150320
- IF Technology (2018). Geologische inventarisatie. Referentie 63341/EH/20180622
- IF Technology (2019). Quickscan for Potential of Inducing Seismicity Bernhard Rozen Luttelgeest.
- IF Technology (2022). Aardwarmte Combinatie Luttelgeest SHA, Fase 1



Figuur 6: Correlatiepaneel van Gamma Ray logs langs geothermieputten in Luttelgeest. (Bron: IF Technology, 2022)

3.5 Resultaten reservoir karakterisatie

De belangrijkste eigenschappen van de aquifer zijn samengevat in tabel 1. In figuur 7 is de diepte van de top van de Slochteren formatie weergegeven. In figuur 8 is de dikte van de Slochteren formatie te zien.

De temperatuurgradiënt in het gebied bedraagt ongeveer 3,4 °C per 100 m, met een oppervlaktetemperatuur van 10 °C. (Bron: IF Technology, 2018)

Parameter	LTG-GT-04	LTG-GT-05	LTG-GT-06	LTG-GT-12
Aquifer stratigrafie				
Diepte top aquifer (m MD)	1850	2160	2220	
Diepte top aquifer (m TVD)	1768	1753	1787,5	1755
Diepte basis aquifer (m MD)	1934	2261	2248,5	
Diepte basis aquifer (m TVD)	1832,5	1813,5	1805	1845
Bruto Dikte (m)	64,5	60,5	17,5	90
Porositeit (%)	0,23	0,23	0,23	0,23
Permeabiliteit (mD) uit petrofysica	280			
Permeabiliteit (mD) uit puttest (IF, 2022)	250	250	222	
Permeabiliteit (mD) uit puttest (GEOS, 2020)	283	217	500	
Skin welltest (GEOS, 2020)	0	7,5	15	
Temperatuur mid-reservoir (°C)	76,2	75,2	74,7	75
Reservoir druk top aquifer (bar)	195	195	195	195

Tabel 1: Aquifer karakteristieken. (Bron: IF Technology, 2022 en EOWR)

3.6 Formatiewater karakteristiek

De samenstelling van het formatiewater en het gas is te zien in tabel 2 en 3.

Analysis	Unit	Samples SI+SII+SIII
Metals		
Aluminium	µg/L	<100
Barium	µg/L	5700
Cadmium	µg/L	210
Calcium	µg/L	17000000
Chroom	µg/L	330
Koper	µg/L	800
IJzer	µg/L	130000
Lood	µg/L	11000
Lithium	µg/L	26000
Magnesium	µg/L	2100000
Mangaan	µg/L	10000
Nikkel	µg/L	910
Kalium	µg/L	1100000
Natrium	µg/L	73000000
Strontium	µg/L	770000
Zink	µg/L	77000
Mercury		
Mercury	µg/L	<0.10
Hardness (Calculated)		
Hardness	mg CaCO3/L	52259
Conductivity [According to NEN-ISO 7888]		
Ec at 25°C after automatic temperature correction	µS/cm	200000
Temperature Ec measurement	°C	20.7
pH [According to ISO 10523]		
pH	-	5.7
Temperature pH-measurement	°C	21.7
Volatile compounds [According to WAC/IV/A/016]		
1,2,3-Trichloorbenzeen	µg/L	<0.50
1,2,4-Trichloorbenzeen	µg/L	<0.50
1,2-Dichloorbenzeen	µg/L	<0.50
1,3,5-Trichloorbenzeen	µg/L	<0.50
1,3-Dichloorbenzeen	µg/L	<0.50
1,4-Dichloorbenzeen	µg/L	<0.50
Monochloorbenzeen	µg/L	<0.50
Som Trichloorbenzenen	µg/L	<1.5
Broombenzeen	µg/L	<0.50
Benzeen	µg/L	20
Ethylbenzeen	µg/L	<0.50
m- + p-Xylenen	µg/L	1.2
o-Xyleen	µg/L	1.9
Tolueen	µg/L	140
Xylenen	µg/L	3.1
2-Chloortolueen	µg/L	<0.50
4-Chloortolueen	µg/L	<0.50
Naftaleen	µg/L	5.6
Acidity/Alkalinity [According to WAC/III/A/006 (based on ISO 9963-1)]		
Alkalinity up to pH 4.5	mmol/l	1.3
Alkalinity up to pH 8.3	mmol/l	<0.050

Bicarbonate as HCO ₃	mg/l	80
Carbonate as CO ₃	mg/l	<2.5
Hydroxyl content as OH	mg/l	<0.85
Anions [According to ISO 10304-1]		
Chloride	mg/l	160000
Sulfate as SO ₄	mg/l	330
PAH [According to SGS12-01]		
Naphthalene	µg/l	1.1
Acenaphthylene	µg/l	<0.010
Acenaphthene	µg/l	<0.010
Fluorene	µg/l	0.027
Phenanthrene	µg/l	0.076
Anthracene	µg/l	<0.010
Fluoranthene	µg/l	<0.010
Pyrene	µg/l	<0.010
Benzo[a]anthracene	µg/l	<0.010
Chrysene	µg/l	<0.010
Benzo[b]fluoranthene	µg/l	<0.010
Benzo[k]fluorantene	µg/l	<0.010
Benzo[a]pyrene	µg/l	<0.010
Dibenzo[ah]anthracene	µg/l	<0.010
Benzo[ghi]perylene	µg/l	<0.010
Indeno[123cd]pyrene	µg/l	<0.010
PAH's up to 16	µg/l	<1.4
Mineral Oil total [Conservation SIKB3001 Analysis NEN-EN-ISO 9377-2]		
Fraction C-10 - C-12	µg/l	<25
Fraction C-12 - C-22	µg/l	29
Fraction C-22 - C-30	µg/l	83
Fraction C-30 - C-40	µg/l	52
Total C-10 - C-40	µg/l	170
Dry residue [According to WAC/III/A/001 (based on EN 15216)]		
Dry residue	mg/l	260000
Chloride Residue [According to ISO 7393-2]		
Chloride residue	mg/l	<0.20
Unresolved components [According to NEN 6621]		
Unresolved components	mg/l	68
Density [Gravimetical]		
Density	Kg/l	1.15

Tabel 2: Formatiewater karakteristieken (Bron: Panterra, 2020)

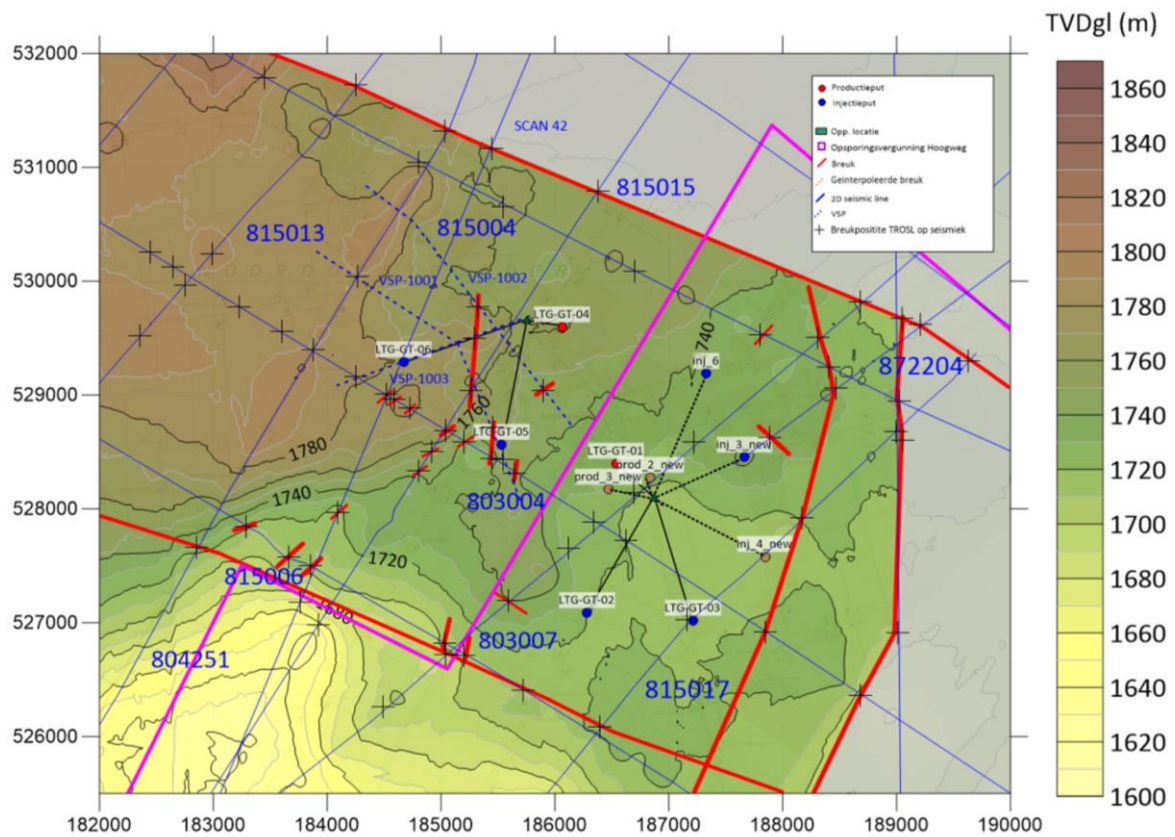
	Component	Mole%	Weight%
H ₂	Hydrogen	0.000	0.000
H ₂ S	Hydrogen Sulphide	0.000	0.000
CO ₂	Carbon Dioxide	15.748	30.016
N ₂	Nitrogen	8.767	10.635
C1	Methane	72.060	50.066
C2	Ethane	0.516	0.673
C3	Propane	0.533	1.017
C4	i-Butane	0.159	0.401
C4	n-Butane	0.653	1.644
C5	i-Pentane	0.295	0.923
C5	n-Pentane	0.489	1.529
C6	Hexanes	0.438	1.595
	MC Pentane	0.041	0.151
	Benzene	0.025	0.085
	Cyclohexane	0.021	0.078
C7	Heptanes	0.117	0.486
	MC Hexane	0.016	0.067
	Toluene	0.017	0.067
C8	Octanes	0.039	0.179
	E-Benzene	0.000	0.002
	M/P Xylene	0.001	0.004
	O-Xylene	0.000	0.001
C9	Nonanes	0.010	0.052
	1,2,4 TMB	0.001	0.004
C10	Decanes	0.009	0.053
C11+	Undecanes +	0.043	0.271
	Total	100.000	100.000

Calculated Gas Properties	
Gas Density (kg m ⁻³ @ 0°C)	1.031
Gas Mole Weight (g mol ⁻¹)	23.091
Real Relative (to air) Density of Gas @ 0°C	0.797
Mole weight of Heptanes Plus (g mol ⁻¹)	101.898
Density of Heptanes plus (g cm ⁻³ at 60°F)	0.763
Mole Weight of Undecanes plus (g mol ⁻¹)	147.000
Density of Undecanes plus (g cm ⁻³ at 60°F)	0.789
Gross Calorific Value (MJ m ⁻³) @ Combustion Temp of 25°C (superior) and @ metered temperature of 0°C	33.351

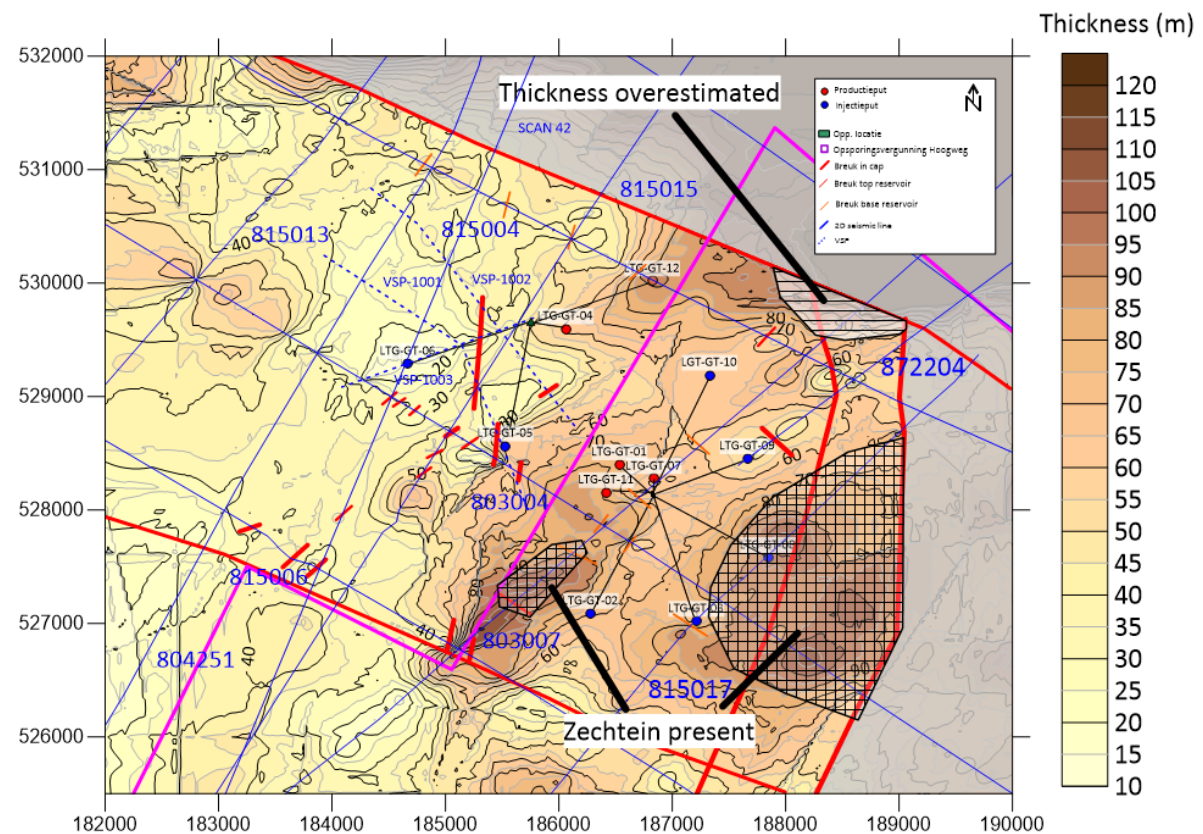
Air content 29.80 %

Gas Water Ratio (GWR): 0.3435 sm³/m³

Tabel 3: Gas samenstelling (Bron: Panterra, 2020)



Figuur 7: Diepte kaart van de top van de Slochteren zandsteen. Met breuken en puttrajecten. (Bron: IF Technology, 2022)



Figuur 8: Bruto dikte kaart van de Slochteren zandsteen. (Bron: IF Technology, 2022)

4. Beoogde wijze van winning

4.1 Putintegriteit

Het geothermisch systeem van ACL is in 2020 geboord en bestaat uit de putten LTG-GT-04, LTG-GT-05 en LTG-GT-06. In 2023 wordt een extra injectieput LTG-GT-12 geboord.

De geothermieputten van Aardwarmte Combinatie Luttelgeest gebruiken de Slochteren zandsteen formatie als aquifer. Het water uit deze aquifer is naar verwachting corrosief, o.a. door de aanwezigheid van CO₂ en chloriden. LTG-GT-04 is daarom voorzien van een inhibitorstring om vanaf de start productie inhibitor te doseren. De inhibitorstring zal ter hoogte van de screens inhibitor injecteren. Naar verwachting zal gebruik worden gemaakt van de inhibitor CRW83133 of CK990. Deze inhibitoren worden reeds toegepast in de sector.

Het formatiewater kan bij een te hoge stroomsnelheid in de put ook erosie veroorzaken. In het putontwerp van LTG-GT-04, LTG-GT-05 & LTG-GT-06 is rekening gehouden met een maximale stroomsnelheid waaronder geen sprake is van erosie. De putten van ACL zijn voldoende ruim gedimensioneerd om onder de maximale stroomsnelheid te blijven.

De geothermieputten van Aardwarmte Combinatie Luttelgeest worden voorzien van meerdere barrières die contact tussen enerzijds de vloeistoffen in de put en anderzijds de omgeving voorkomen. Onderstaande onderdelen zijn geïdentificeerd als put barrières:

- static brine column
- conductor
- casing
- casing cement
- casing with hanger and seal assembly
- Liner
- Liner cement
- Liner hanger + packer
- Protective inner string (LTG-GT-04)
- tubing hanger with seals
- Christmas tree with valves and Christmas tree connection
- Wellhead

Eventuele lekkages door falende barrières kunnen met name in ondiepe aquifers leiden tot milieuschade. Ter bescherming van ondiepe aquifers hebben alle putten van ACL een gecementeerde 20" conductor, waardoor sprake is van een dubbelwandige gecementeerde barrière. Hierdoor zijn brakke/zoete ondiepe aquifers afgeschermd tegen het zoute formatiewater in de put.

In figuur 9, 10, 11 en 12 zijn de put configuraties weergegeven van de productieput (LTG-GT-04) en de twee injectieputten (LTG-GT-05 & LTG-GT-06).

LTG-GT-05 en LTG-GT-06 zijn voorzien van een gecementeerde 13 3/8" casing en een 9 5/8" liner. De reservoir sectie is voorzien van 7" wire wrapped screens. De putten zijn ruim genoeg gedimensioneerd om wanddikteafname door erosie te voorkomen. Daarnaast staat het water in deze putten onder druk, is het gefilterd en bevat het geen methaan of CO2 meer. Daardoor is het corrosie risico lager dan in de put LTG-GT-04.

LTG-GT-04 heeft een groter putontwerp dan de injectieputten met een beschermende productiestring. De put is voorzien van een gecementeerde 16" casing, met daarin een 13 3/8" protective inner string van L80, die na de eerste shoe afloopt naar een 9 5/8" string in een gecementeerde 11 3/4" liner. De reservoir sectie is voorzien van 8 5/8" wire wrapped screens. De put is ruim genoeg gedimensioneerd om wanddikteafname door erosie te voorkomen. Om wanddikteafname door corrosie te beperken wordt inhibitor gedoseerd via een inhibitorstring.

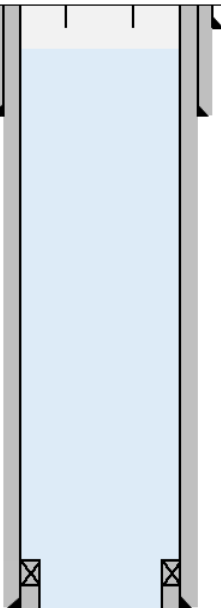
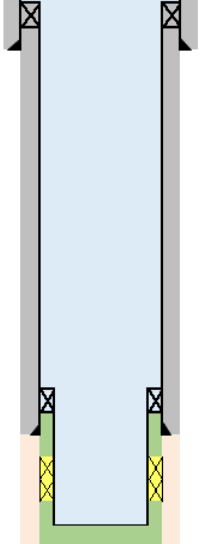
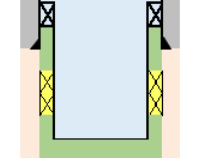
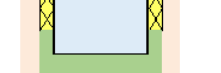
Conform de nieuwe industriestandaard duurzaam putontwerp van GNL wordt de nieuwe injectieput LTG-GT-12 ontworpen met een protective inner string. Op deze manier wil ACL ook ervaring opdoen met de toepassing van inner strings in zowel productie- als injectieputten. LTG-GT-12 wordt voorzien van een gecementeerde 13 3/8" casing, met daarin een 9 5/8" protective inner string van L80, die na de eerste shoe afloopt naar een 7" string in een gecementeerde 9 5/8" liner. De reservoir sectie is voorzien van 6 5/8" wire wrapped screens. De put is ruim genoeg gedimensioneerd om wanddikteafname door erosie te voorkomen.

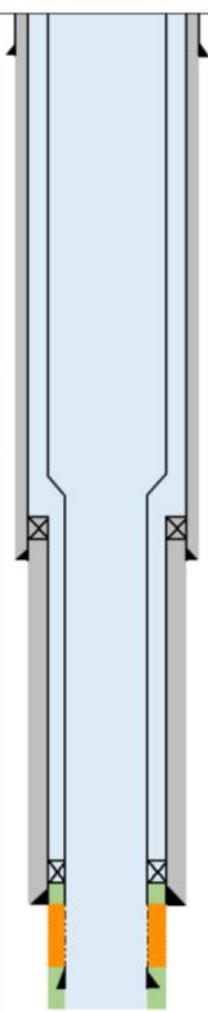
Corrosieprocessen worden gemonitord met behulp van o.a coupon-, filter- en wateranalyses. Daarnaast wordt de integriteit van de putten gemonitord door op een frequente basis metingen en eventueel camera inspecties uit te voeren in de putten. Alle registraties, analyses, tests en metingen worden uitgevoerd conform het Well Integrity Management Systeem (hierna WIMS) van ACL. De werkzaamheden worden periodiek uitgevoerd volgens een jaarplanning en jaarlijks wordt de werking van het WIMS geëvalueerd. Onderdeel van het WIMS is een Well Failure Model waarin op voorhand is vastgelegd welke maatregelen wanneer worden getroffen indien een put barrière faalt. Door te werken volgens het WIMS wordt de integriteit van de putten gewaarborgd en wordt substantiële wanddikteafname of lekkage voorkomen.

Nr.	Item Description	LTG-GT-04 20 3/4" 3000psi WH	Depth	Depth	Depth	Depth	Hole ID	Pipe OD	Collar OD	Pipe ID	Pipe ID	Lithology
			BRT	BRT	BGL	BGL						Tops
	Production Well		m	m	m	m	in	in	in	in	in	m
			tvd	ah	tvd	ah			(nom)		(drift)	tvdBRT
1	Static water level		65	65	58	58						Upp NS 0
2	24" X60 12.5mm wall thickness conductor		237	237	229	229	31.500	24.000	welded	23.000	n/a	Oosterhout 323 Breda 464 Ruppel 532.5
	8 5/8", 40#, L80, HC Polseal-1 ESP Intake ESP Connection sub with 3 centralizers		674 700	674 700	666 693	666 693	-	8.625	9.650	7.725	7.600	Dongen 671.5
3	13 3/8" 60# L80 VAM TOP SC80 (inner string) X-over: 13 3/8" x 9 5/8" (AISI 4140 80K)		1056	1056	1049	1049	-	13.375	13.982	12.624	12.259	Landen 1100
4	13 3/8" x 16" Liner Hanger + Packer + PBR 16", 104#, L80, Big Omega-IS 8-annulus=1.16 s.g. solids-free brine KOP		1094 1186 1190 1219	1094 1186 1190 1219	1086 1178 1182 1211	1086 1178 1182 1211	TOL 20.000 section TD	smallest 16.000	PBR ID 17.000 *Collar ID	13.523 12.287 14.724	14.563	Ekofisk 1140 Ummeland 1190.5
	End of build to ~41"		1638	1677	1630	1669						
5	9 5/8" 47# L80 VAM TOP SC80 (inner string) 9 5/8" x 11 3/4" Liner Hanger + Packer + PBR 9 5/8" Seal stem bottom/nose Bottom PBR X-over 9 5/8" x 8 5/8" 11 3/4", 60#, L80, VAM SLU-II Top screens Weight bar inhibitor line Bottom screens		1743 1821.1 1823.6 1827 1771 1771 1773 1833 1851 1851	1816 1821.1 1823.6 1827 1854 1854 1856 1935 1961 1962	1735 1813.4 1815.9 1819 1763 1763 1765 1825 1843 1843	1809 1813.4 1815.9 1819 1846 1846 1848 1927 1953 1954	TOL section TD	smallest 11.750	PBR ID 10.213 9.606 8.543	8.525 9.606 8.543	8.625 10.772* 10.689	Rijnland 1698.5 Roggenstein 1749
6	11 3/4", 60#, L80, VAM SLU-II Top screens Weight bar inhibitor line Bottom screens		1771 1771 1773 1833 1851 1851	1854 1854 1856 1935 1961 1962	1763 1763 1765 1825 1843 1843	1846 1846 1848 1927 1953 1954	14.500 section TD	11.750	11.900 *Collar ID	10.772* 10.689	10.625	Slochter. 1768
7	8 5/8" w/ ~9" OD WWS 40#, L80, HC Polseal-1 Open hole 10-5/8" (TD)		1851 1851	1962 1962	1843 1843	1953 1954	10.625 well TD	9 / 8.625	9.650	7.725	7.600	Ruurlo 1832.7

* Not to scale

Figuur 9: Schematische put configuratie LTG-GT-04. Bron: EOWR

Nr.	Item Description	LTG-GT-05 13 5/8" 3000psi WH	Depth	Depth	Depth	Depth	Hole ID	Pipe OD	Collar OD	Pipe ID	Pipe ID	Lithology
			BRT	BRT	BGL	BGL						
Injection Well			m	m	m	m	in	in	in	in	in	m
			tvd	ah	tvd	ah			(nom)		(drift)	tvdBRT
1	WEG + 1x joint 8 5/8", 40#, L80, HC Polseal-1		18.1	18.1	10.4	10.4	n/a	8.625	9.626	7.725	7.600	Upp NS
2	30" Stovepipe		64	64	56	56	n/a	30.000	welded	29.000		0
Static water level			73	73	66	66						
3	18 5/8", 87.5#, K55, BTC conductor		235	235	227	227	23.000	18.625	20.000	17.755	17.568	
Kick off Point #1 (Build-rate 0.8°/10m)			273	273	265	265						
End of build #1 to 14°			512	514	504	506					Mid NS	
Kick off Point #2 (Build-rate 0.8°/10m)			586	590	578	582					Low NS	
End of build #2 to 38°			790	819	782	811					leper	
											914.5	
4	13 3/8 x 9 5/8" Liner Hanger + Packer + PBR (15ft)		1128	1250	1120	1242.6	TOL	smallest	PBR ID 13.286			Chalk
	13 3/8", 72#, L80, VAM TOP		1192	1331	1184	1323	17.5	13.375	hanger ID 10.669			1141.5
	Kick off Point #3 (Build-rate 0.8°/10m)		1194	1333	1186	1325	section TD		14.236	12.347*	12.250	
			1221	1367	1213	1359			*Collar ID 12.563			
	End of build #3 to 48°		1378	1583	1370	1575						
5	9 5/8" x 7" Liner Hanger + Packer + PBR (10 ft)		1704	2078	1696	2070	TOL	smallest	PBR ID 9.377			Rijnland
	9 5/8" 53.5#, L80, VAM21 (inclination at 54°)		1731	2123	1723	2115	12.250	9.625	hanger ID 7.677			1681
	Top screens		1732	2124	1724	2116	section TD		10.542	8.835*	8.500	Rogenstein
	Bottom screens		1753	2161	1746	2153			*Collar ID 8.722			1730
	Open hole 8-1/2" (TD)		1814	2260	1806	2252						Slochter.
6	7" OD WWS on 6 5/8", 24#, L80, VAGT pre-perf base pipe		1822	2274	1815	2266	8.500	7 / 6.625	7.39	5.921	5.796	Limburg
	1830		2286	1822	2278	well TD					1813.5	

Nr	Item Description	LTG-GT-12	Depth	Depth	Hole ID	Pipe OD	Collar OD	Pipe ID	Pipe ID	Lithology
			m tvd	m ah	in	in	in (nom)	in	in (drift)	m tvd
1	All depths from RT Injection Well		-			23.976	welded	22.559	n/a	Upp NS
										531
										667
										875
2	Protective liner									
	9-5/8" 53.5# L80 VAM Top					9.625	10.520	8.535	8.500	
	x									
	7" 29# L80 VAM Top					7.000	7.644	6.184	6.059	
3	9 5/8" x 13 3/8" LHP + PBR (10ft) L80									
	13 3/8" 72# L80 VAM Top									
4	7" x 9 5/8" LHP + PBR (15ft) L80Cr13									
	9 5/8" 53.5# L80 VAM Top									
5	6 5/8" 24# L80Cr13 VAM-21 Blank pipe +									
	6 1/2" 7.25" od SS 1.4404/316 WWS									
	Open hole 8.5" (TD)									

Figuur 12: Schematische put configuratie LTG-GT-12

4.2 Putintegriteitmonitoring

De put barrières worden beheerd volgens een Well Integrity Management Systeem conform de ISO 16530-2, dat onderdeel is van het overkoepelende VGM-Zorgsysteem van Aardwarmte Combinatie Luttelgeest. Verscheidene tests, inspecties en onderhoudsactiviteiten worden regelmatig uitgevoerd, om de integriteit van de barrières te monitoren en eventueel aanvullende maatregelen te nemen om de integriteit te waarborgen.

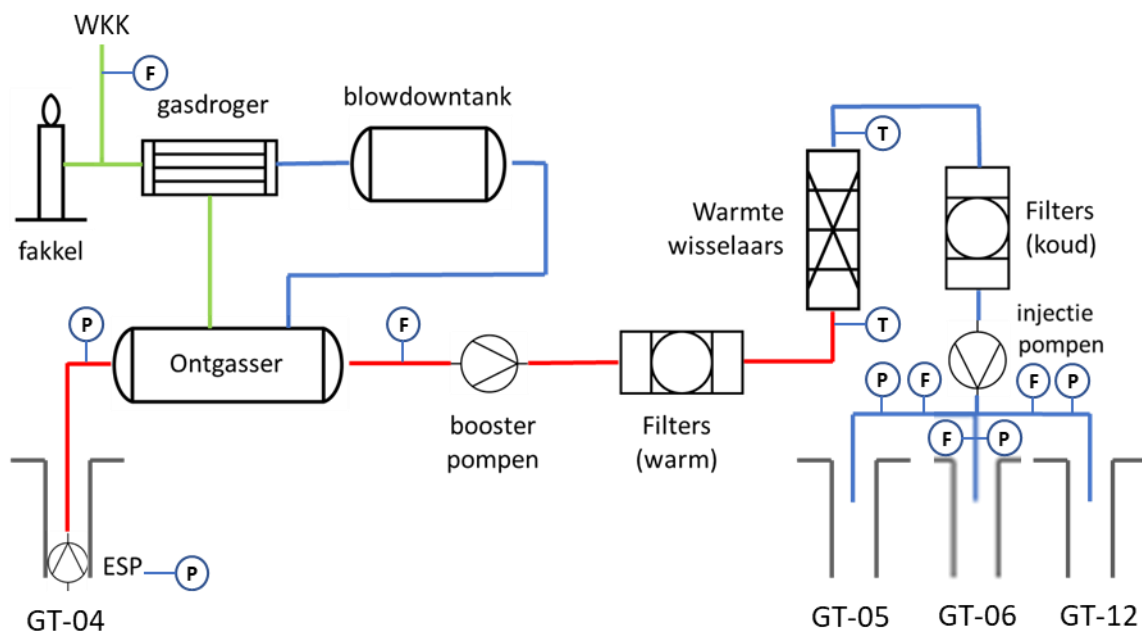
4.3 Installatie

Het geothermie systeem van ACL bestaat uit productie- en injectieputten en een aardwarmtecentrale. In 2020 zijn een productieput (LTG-GT-04) en twee injectieputten (LTG-GT-05 & LTG-GT-06). Het geothermisch systeem van Aardwarmte Combinatie Luttelgeest is sinds begin 2022 in productie. In 2023 wordt het systeem uitgebreid met een extra injectieput (LTG-GT-12).

Aardwarmte Combinatie Luttelgeest beschikt over een geothermisch systeem om warm water te produceren uit de diepe ondergrond (Slochteren formatie; Upper Rotliegend) en hiervan de warmte te winnen, om vervolgens het afgekoelde water weer in dezelfde formatie te injecteren met de injectieputten.

Het gas wordt gescheiden van het bronwater door een ontgassingsinstallatie (GLCC met buffer tank) in combinatie met een gasconditioner die zich tussen de productieput en de boosterpompen bevindt. De boosterpompen bevinden zich tussen de ontgasser en de eerste set filters. De eerste set filters bestaat uit zakfilters en hierna volgt een tweede set filters met kaarsenfilters. Na de tweede set filters bevinden zich de warmtewisselaars, waarin de warmte wordt overgedragen aan het secundaire circuit. Na de warmtewisselaars is een derde set filters geïnstalleerd, met kaarsenfilters. Na deze derde set filters bevindt zich een injectiepomp om het gefilterde bronwater in de injectieputten te injecteren. In figuur 13 is een schematisch overzicht van het geothermie systeem van ACL te zien met de locaties van belangrijke meetsondes.

Afhankelijk van de warmtevraag zal worden bepaald hoeveel bronwater er daadwerkelijk verpompt wordt. Bij een maximale productie van 380 m³/uur, zou +/- 22,6 MW aan warmte gewonnen kunnen worden (delta T van 76°C naar 20°C).



Figuur 13: Schematisch overzicht van de installatie met de meetsondes

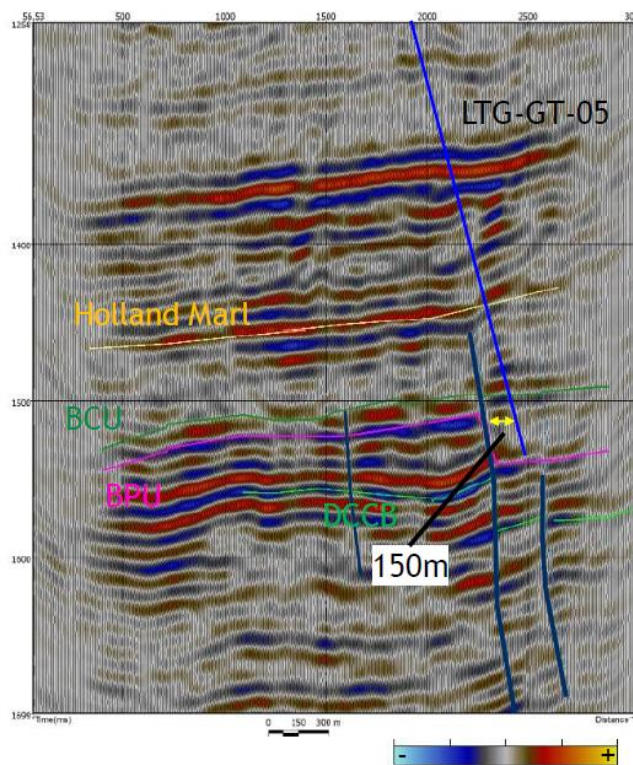
4.4 Beoogde systeemconfiguratie

In tabel 4 is de belangrijkste administratieve informatie per put samengevat.

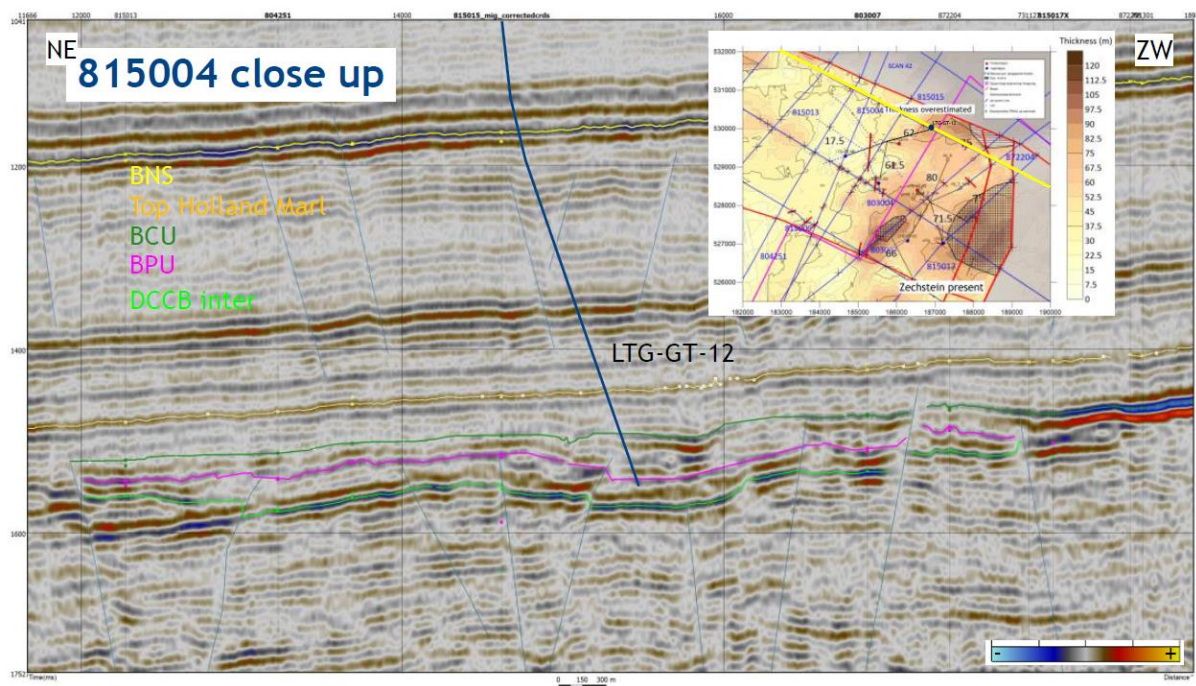
Figuur 14, 15 en 16 tonen de puttrajecten van de productie- en injectieputten van ACL langs verschillende seismische lijnen. De getoonde puttrajecten zijn een benadering, omdat de trajecten niet precies parallel lopen aan de beschikbare 2D-lijnen. In figuur 17 is een overzicht gegeven van de seismische lijnen, breuken en de Opsporingsvergunning 2 van Aardwarmte Combinatie Luttelgeest.

putnaam	LTG-GT-04	LTG-GT-05	LTG-GT-06	LTG-GT-12
Type put	Productieput	Injectieput 1	Injectieput 2	Injectieput 3
Spuddatum	17-04-2020	24-06-2020	09-09-2020	
Completie datum	15-06-2020	27-08-2020	12-12-2020	
X (RD) oppervlaktelocatie	185744,20	185735,91	185727,63	185719
Y (RD) oppervlaktelocatie	529664,93	529670,53	529676,12	529681
X (RD) top doorprikpunt aquifer	186033,46	185539,76	184682,26	186712
Y (RD) top doorprikpunt aquifer	529610,32	528617,15	529294,11	529999
X (RD) einddiepte	186102,27	185521,68	184641,36	
Y (RD) einddiepte	529594,57	528519,49	529279,89	
Einddiepte (m AH)	1954	2278	2267	
Einddiepte (mTVD)	1843	1822	1814	
Penetratiehoek in de aquifer °	41	52	53	53
Afstand tussen doorprikpunten				
LTG-GT-04		1107	1387	783
LTG-GT-05			1092	1812
LTG-GT-06				2149
LTG-GT-12				

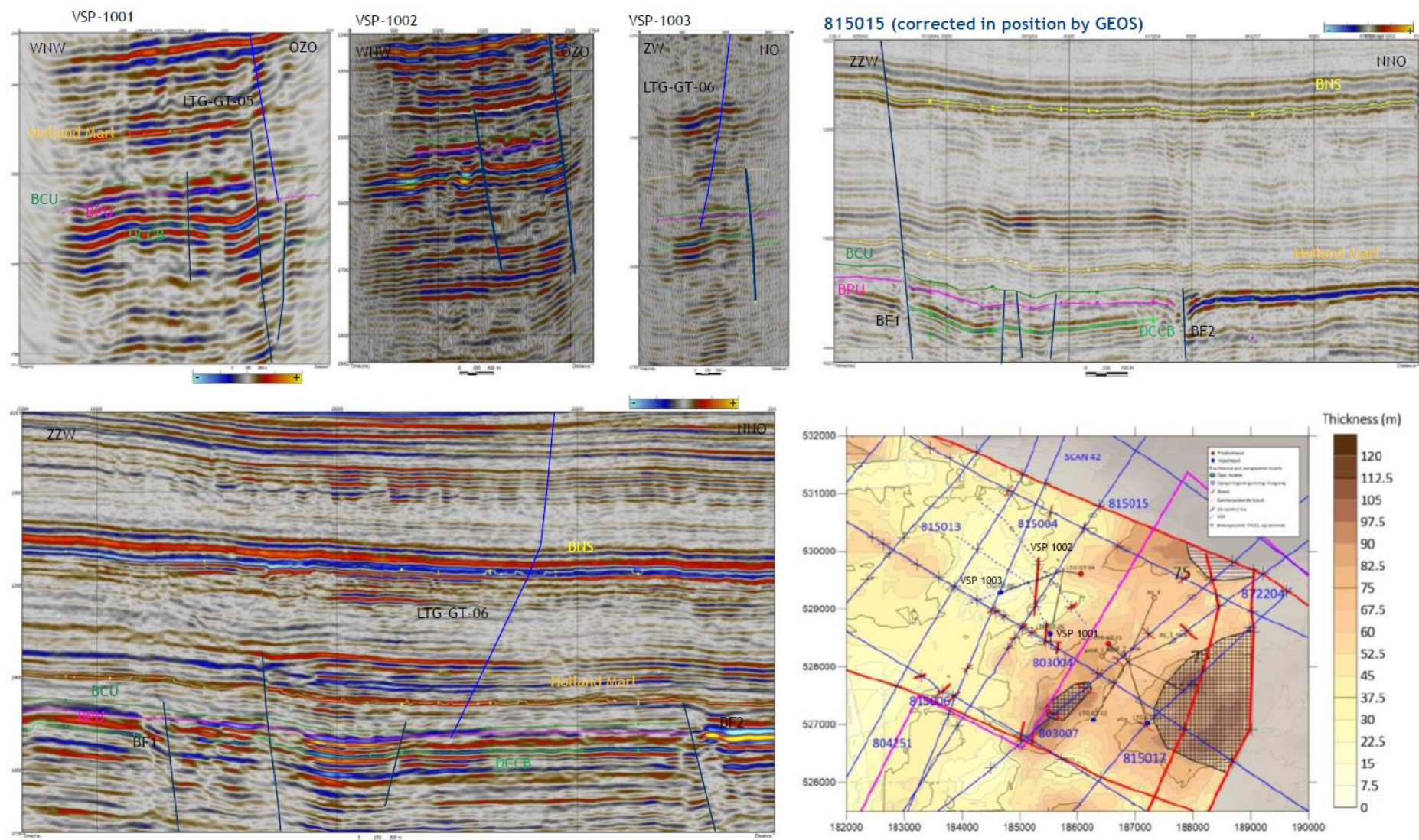
Tabel 4: Algemene put informatie. Bron: GEF (2019)



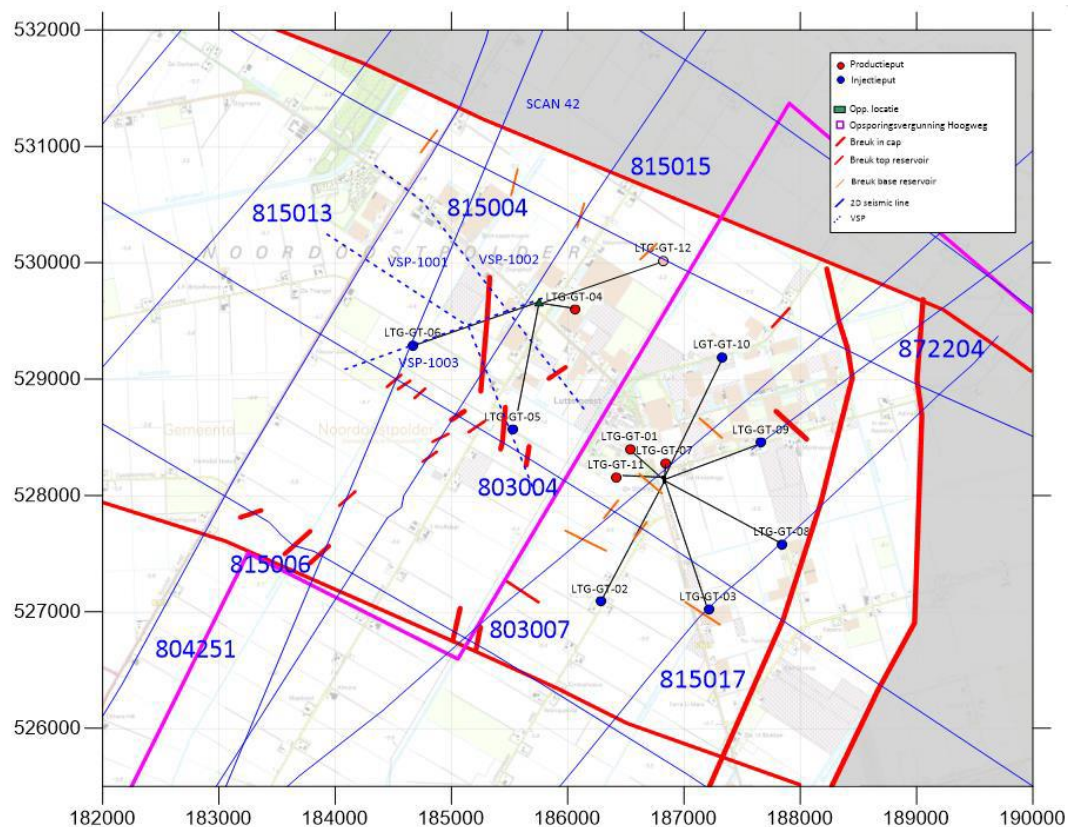
Figuur 14: Seismische dwarsdoorsnede (VSP lijn 1001) met daarop geprojecteerd LTG-GT-05. In licht blauw het boortraject van LTG-GT-05, en in donker blauw de gekarteerde breuken.



Figuur 15: Seismische sectie 815004, met daarop de geprojecteerde locatie van LTG-GT-12 en de gekarteerde breuken.



Figuur 16: Linksboven) VSP lijnen 1001, 1002 en 1003. Breuken zijn weergegeven als blauwe lijnen. Op de lijnen 1001 en 1003 zijn de putten LTG-GT-05 en LTG-GT-06 respectievelijk geprojecteerd. Linksonder) De geïnterpreteerde SCAN lijn 42. Rechtsboven) De geïnterpreteerde lijn 815015. Deze lijn is horizontaal gecorrigeerd door GEOS in 2021. Rechtsonder) Kaart met de locatie van de lijnen. Deze kaart wordt nader toegelicht in de volgende sectie: dikte - en dieptekaarten van het Slochteren en de afsluitende klei en mergel lagen.



Figuur 17: kaart met doorprikkpunten, geplande en bestaande putten en begrenzing van de Opsporingsvergunning Luttelgeest II (paars) (Bron: IF Technology, 2022)

4.5 Reservoir integriteit

Wanneer de integriteit van de afsluitende laag afneemt kan een lekkage of “cross-flow” ontstaan naar andere lagen. Wanneer deze lagen niet de capaciteit hebben om de gelekte vloeistoffen op te nemen, kan op den duur lekkage ontstaan naar het ondiepere grondwater. Dit risico dient te worden vermeden en daarom moeten ondergrondse putdrukken in de injectieput worden afgestemd op de “sterkte” van de afsluitende lagen. Beoogd wordt om de injectie te laten plaatsvinden zonder dat scheurvorming optreedt in de hoofd afsluitende laag. In het winningsgebied van ACL BV wordt de Upper Holland Marl als hoofdafsluitende laag gezien.

IF Technology heeft voor ACL BV onderzocht wat de maximaal toelaatbare injectiedruk is in de injectieputten LTG-GT-05 en LTG-GT-06. Hierbij is gebruik gemaakt van de puttestresultaten van de putten van ACL. Daarnaast is aanvullende data van andere in de nabijheid gelegen putten (m.n. geothermische putten van Hoogweg) gebruikt. Verder is er nieuwe seismische data beschikbaar gekomen (VSP data en een SCAN lijn). Op basis van alle nieuwe beschikbare data is eerst het bestaande geologische model geüpdatet. Dit geüpdatete model is gebruikt om een reservoirmodel op te zetten en de berekeningen uit te voeren.

Het onderzoek van IF Technology (Bron: Bijlage 1) toont aan dat de integriteit van de hoofdafsluitende laag (mergel, Upper Holland Marl) en daarmee de insluiting van injectievloeistoffen in het geothermie systeem over de levensduur van het project gewaarborgd wordt bij een injectiedruk van 72 bar BHP en een injectietemperatuur van 20 °C.

Boven het reservoir zijn verschillende afsluitende gesteentes aanwezig. Direct boven het reservoir is een circa 20 m dikke claystone aanwezig en daarboven is een circa 50 m dikke mergel gelegen, welke verder afgesloten wordt door een 500 m dik kalksteen pakket. Uit de uitgevoerde berekeningen blijkt dat de claystone bij de voorgestelde injectietemperatuur (20°C) en BHP (72 bar) mogelijk scheurt. Bij de gehanteerde uitgangspunten stopt de scheurvorming aan de onderzijde van de mergellaag.

Gezien de lage permeabiliteit van de mergellaag en het feit dat de mergellaag intact blijft, en boven de mergellaag nog een 500 m dik kalksteenpakket aanwezig is, is het zeer onwaarschijnlijk dat lekkage door de cap naar ondieper gelegen lagen optreedt.

In de nabijheid van LTG-GT-05 is een breuk aanwezig. Uit de uitgevoerde analyses blijkt dat het zeer onwaarschijnlijk is dat via deze breuk lekkage naar ondieper gelegen lagen optreedt. Ook na mogelijke reactivatie van de breuk is het nog steeds onwaarschijnlijk dat de breuk een migratiepad vormt.

De injectiviteit en injectiedruk worden na opstart continu gemonitord en maandelijks gerapporteerd.

Naar aanleiding van de interpretatie van de breuk in de nabijheid van GT-05 is besloten om ook een SHA uit te voeren, zie hiervoor hoofdstuk 7 van dit winningsplan en Bijlage 1.

4.6 operationele instellingen

4.6.1 Operationele begrenzings

In dit hoofdstuk worden de operationele begrenzings m.b.t. flow en injectietemperatuur en -druk onderbouwd.

Debiet per uur

Het maximaal debiet per put is vastgelegd in het WIMS van ACL en is berekend op basis van een maximale stroomsnelheid van 6 m/s om erosie te voorkomen.

LTG-GT-04:	653 m3/h
LTG-GT-05:	384 m3/h
LTG-GT-06:	384 m3/h
LTG-GT-12:	384 m3/h

Jaarlijks debiet

Het maximale debiet is 5 miljoen m3 over een periode van 2 jaar conform Artikel 1 van het instemmingsbesluit aardwarmte winningsplan Luttelgeest II. Voor de aanvraag Vervolgvergunning zal ACL met HAW de maximale waterverplaatsing modelleren over een periode van 30 jaar.

Temperatuur

De minimale injectietemperatuur van het injectiewater is begrensd op 20°C.

Injectiedruk

De maximale BHP in GT-05 & GT-06 is 72 bar. Veiligheidshalve wordt een maximale BHP van 65 bar aangehouden. Om de BHP om te rekenen naar een WHP moet naast de dynamische drukval ook rekening worden gehouden met druk van de volledig gevulde injector. Bij een injectietemperatuur van 20°C, bedraagt deze druk circa 5 bar (Bron: Bijlage 1).

De WHP wordt als volgt berekend:

$$\text{WHP} = \text{BHP} + \text{dP}_{\text{put}} - \text{druk gevulde injector}$$

In tabel 5 is de maximale WHP bij een injectietemperatuur van 20°C weergegeven voor verschillende flows.

	dP	WHP
25	0,03	60,03
50	0,1	60,1
75	0,21	60,21
100	0,36	60,36
125	0,55	60,55
150	0,77	60,77
175	1,03	61,03
200	1,32	61,32
225	1,60	61,60
250	1,94	61,94

Tabel 5: Maximale injectiedruk (WHP) bij verschillende debieten en injectietemperatuur 20°C

4.6.2 Karakterisatie geothermie systeem

In tabel 6 worden de drukken en productiegegevens bij regulier bedrijf weergegeven.

Put	Prognose waarde
Debiet geproduceerd water (m3/h), zowel max als gemiddeld	Max: 380, gem: 300
Volume gewogen gemiddelde temperatuur van het productiewater (°C)	76
Gemiddelde druk direct onder de pomp in productieput (bar)	45
Laagste druk direct onder de pomp in productieput (bar).	10
Druk aan de putmond van de productieput (bar)	±4
Olie / water ratio indien onttrokken uit het reservoir (Sm3/m3)	nvt
Gas / water ratio indien onttrokken uit het reservoir (Nm3/m3)	+/- 0,34 Nm3/m3
Condensaat / water ratio indien onttrokken uit het reservoir (Sm3/m3)	Nvt
Hoeveelheid ingebrachte inhibitor in de productieput (l/m3)	±0,01
Debiet geïnjecteerd water (m3/h) , zowel max als gemiddeld	Max: 380, gem: 300
Volume gewogen gemiddelde temperatuur van het injectiewater, gemeten tussen warmtewisselaar en de injectieputmond (°C)	27,4
Gemiddelde druk aan de injectieputkant van de injectiepomp (bar)	56
Gemiddelde operationele injectiedruk op reservoir niveau (bar)	60
Maximale operationele injectiedruk op reservoir niveau (bar)	65
Hoeveelheid ingebrachte inhibitor in de injectieput (l/m3)	±0,005
Aantal vollasturen per jaar	6924
Geïnstalleerd vermogen installatie (MWth)	22,6
Hoeveelheid benodigde elektrische energie (kWh/yr)	13607184 (COP =10)
Verwachte levensduur (aantal jaren)	30

Tabel 6: Karakterisatie geothermie systeem performance onder beoogde standaard operationele condities.

4.7 Prognose winning

Tabel 7 geeft een inschatting van het jaarlijkse aantal vollasturen. In tabel 8 is de verwachte productie van de aardwarmtecentrale van ACL voor de komende jaren beschreven. De werkelijke productie hangt sterk af van de productiviteit en de injectiviteit van de putten op de lange termijn.

maand	vollast %	dagen	uur	Vollast uren	debiet gem. (m3/uur)	water (m3)	injectie temp (°C) gem.	MW gem.	MWh
jan	100%	31	744	744	380	282720	20	22,6	16842
feb	100%	28	672	672	380	255360	20	22,6	15212
mrt	100%	31	744	744	380	282720	20	22,6	16842
apr	75%	30	720	540	285	205200	40	14,6	7858
mei	50%	31	744	372	190	141360	40	14,6	5413
jun	50%	30	720	360	190	136800	40	14,6	5239
jul	50%	31	744	372	190	141360	40	14,6	5413
aug	50%	31	744	372	190	141360	40	14,6	5413
sep	75%	30	720	540	285	205200	40	14,6	7858
okt	100%	31	744	744	380	282720	20	22,6	16842
nov	100%	30	720	720	380	273600	20	22,6	16298
dec	100%	31	744	744	380	282720	20	22,6	16842

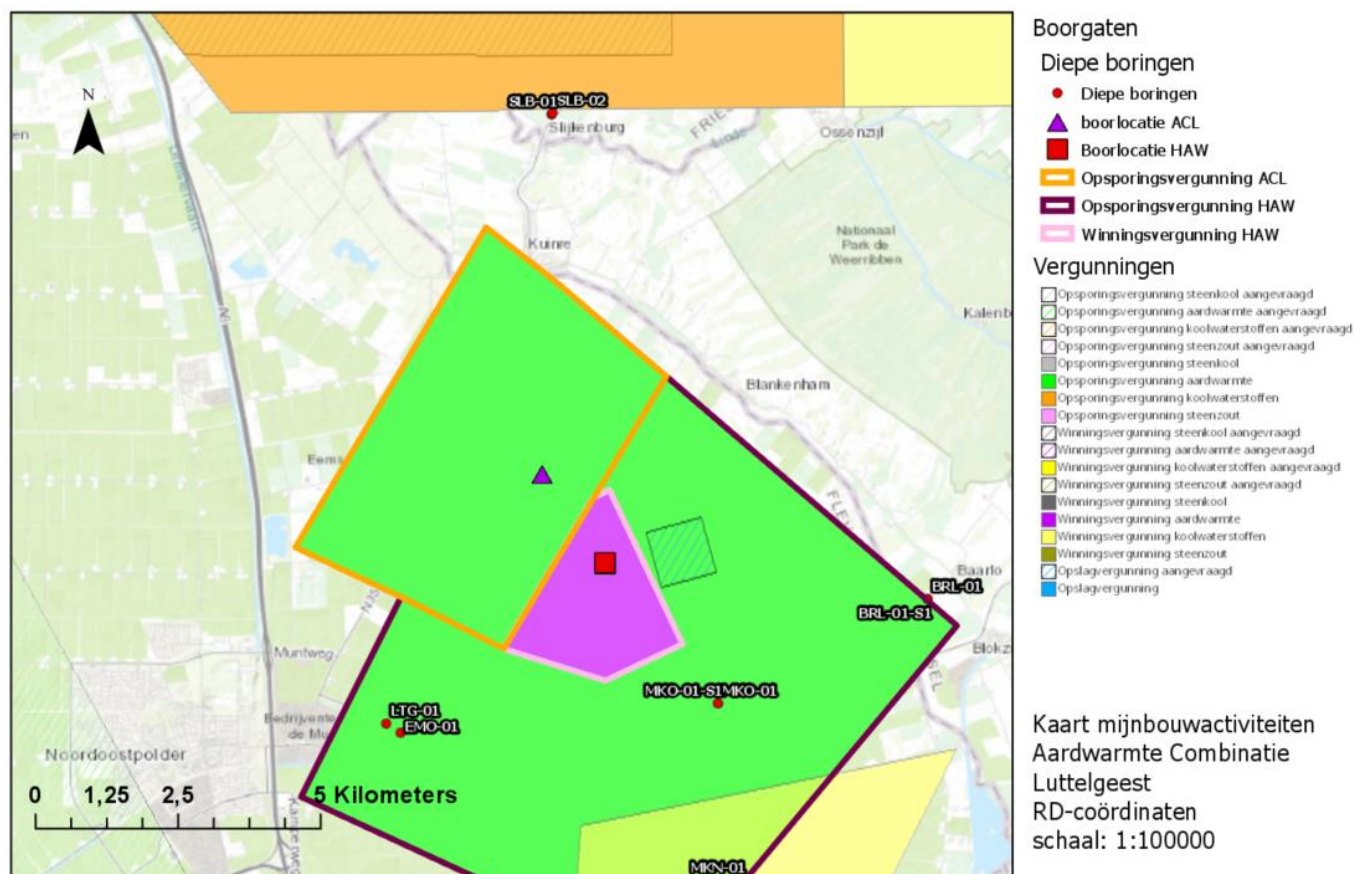
Tabel 7: Inschatting jaarlijks aantal vollasturen

Jaar Vanaf status datum	Jaar	Prod. Temp. (°C)	Hoeveelheid water(m³)	Energie (GJ)	Gas (m³)	Energie-consumptie (kWh)
1	2022	76	830880	154692	282499	4297005
2	2023	76	1038600	193365	353124	5371257
3	2024	76	2631120	489859	894581	13607184
3	2025	76	2631120	489859	894581	13607184
3	2026	76	2631120	489859	894581	13607184
6	2027	76	3946680	734788	1341871	20410775
6	2028	76	3946680	734788	1341871	20410775
6	2029	76	3946680	734788	1341871	20410775
6	2030	76	3946680	734788	1341871	20410775
6	2031	76	3946680	734788	1341871	20410775
6	2032	76	3946680	734788	1341871	20410775
6	2033	76	3946680	734788	1341871	20410775
6	2034	76	3946680	734788	1341871	20410775
6	2035	76	3946680	734788	1341871	20410775
6	2036	76	3946680	734788	1341871	20410775

Tabel 8: Productieprofiel data.

5. Interferentie met ander gebruik (diepe) ondergrond

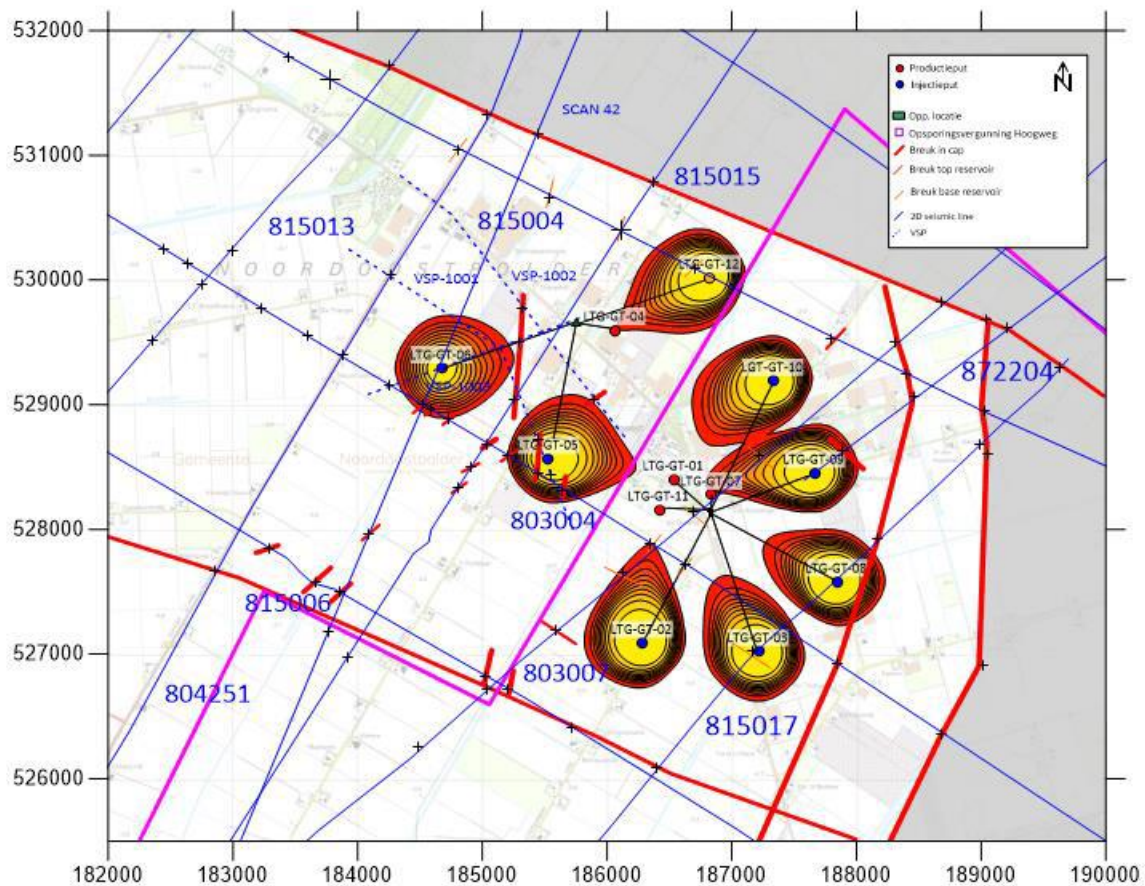
Binnen de aangevraagde winningsvergunning van Aardwarmte Combinatie Luttelgeest is er geen sprake van interferentie met andere mijnbouwactiviteiten. Zie figuur 18 voor een overzicht van de Opsporings- en Winningsvergunningen.



Figuur 18: kaart mijnbouwactiviteiten in de omgeving

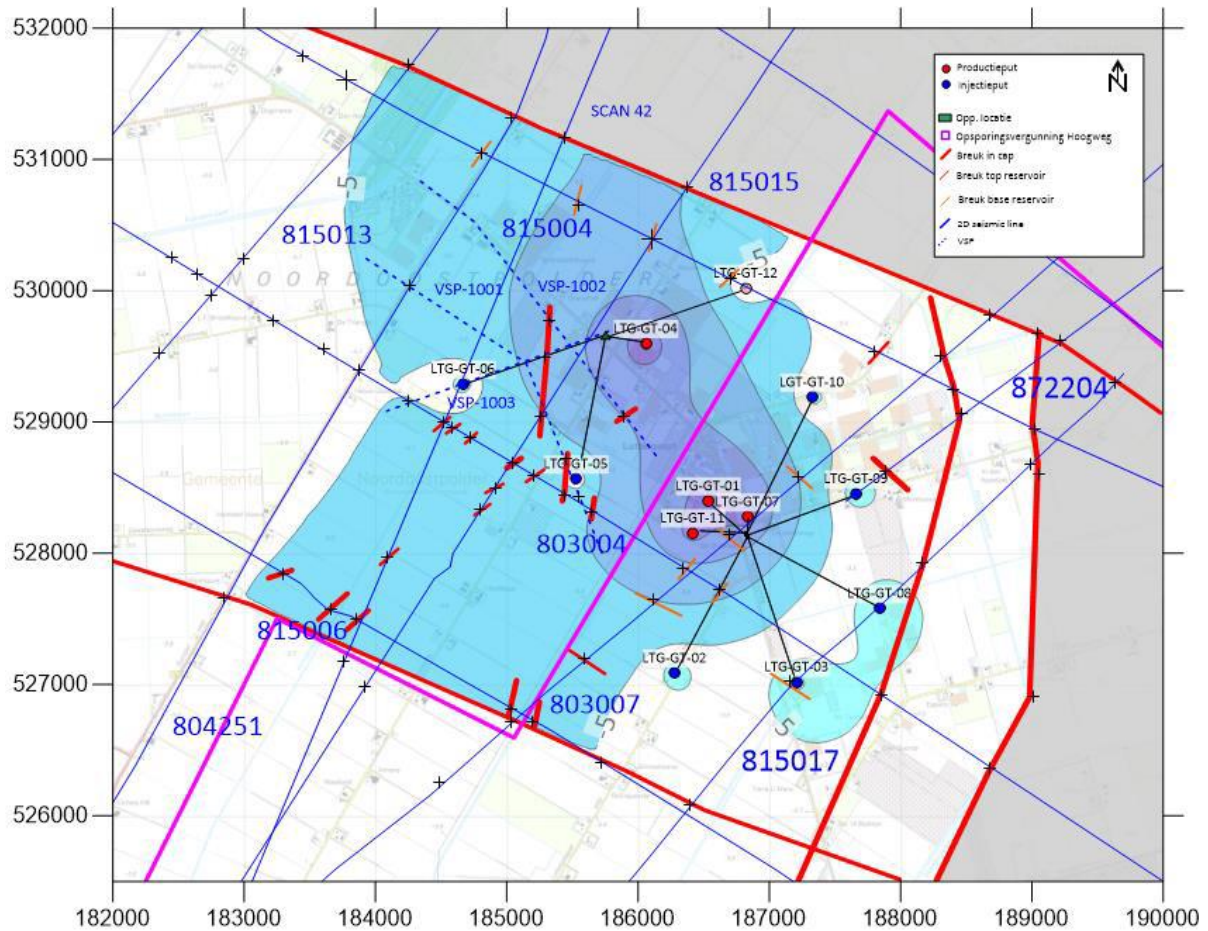
In figuur 19 is te zien dat de putten van ACL in het Zuidoosten grenst aan de Opsporingsvergunning Luttelgeest II en de Winningsvergunning Luttelgeest van Hoogweg Aardwarmte BV. In figuur 19 is te zien dat de thermische contouren van de geplande putten buiten de Opsporingsvergunning Luttelgeest II en de Winningsvergunning Luttelgeest van Hoogweg Aardwarmte BV liggen. Deze reservoirsimulatie is opgesteld uitgaande van een continue injectie van 140 m³/uur (LTG-GT-05), 60 m³/uur (LTG-GT-06) en 180 m³/uur (LTG-GT-12) en een productie van 380 m³/uur (LTG-GT-04) voor een periode van 30 jaar, met 8760 vollasturen.

ACL is in overleg met operator Hoogweg Aardwarmte om de thermische contouren en drukinvloed van alle putten in het gebied op de lange termijn te modelleren en vast te leggen (30 jaar). Dit zal aan bod komen in de aan te vragen Vervolgvergunning.



Figuur 19: Gebiedsbegrenzing Opsporingsvergunning en Winningsvergunning Hoogweg Aardwarmte BV (paarse lijn) met thermische contouren injectieputten. (Bron: IF Technology, 2022)

In figuur 20 is de Opsporingsvergunning van ACL weergegeven met de verwachte druk distributie in de aquifer na een periode van 30 jaar. Deze reservoirsimulatie is opgesteld uitgaande van een continue injectie van 140 m³/uur (LTG-GT-05), 60 m³/uur (LTG-GT-06) en 180 m³/uur (LTG-GT-12) en een productie van 380 m³/uur (LTG-GT-04) voor een periode van 30 jaar, met 8760 vollasturen.

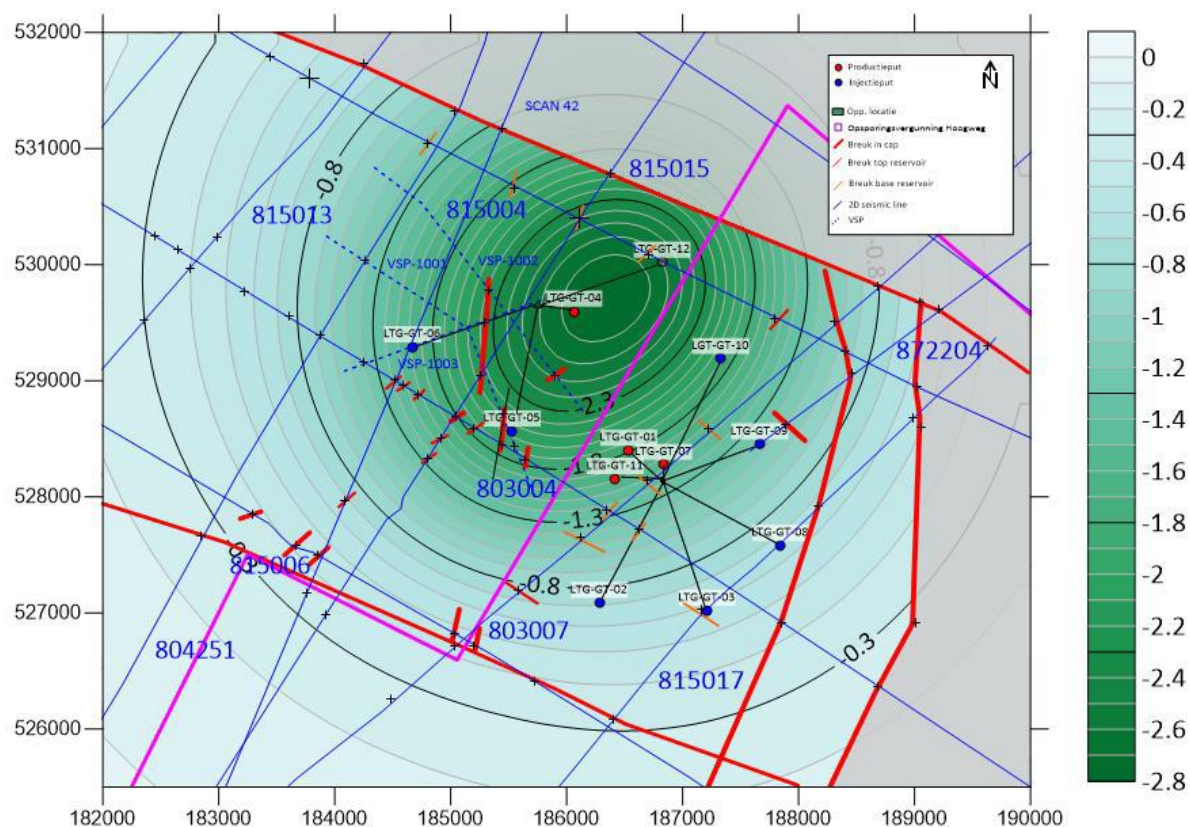


Figuur 20: Kaart met de verwachte drukverdeling in de aquifer na 30 jaar productie. (Bron: IF Technology, 2022)

6. Natuur en milieu

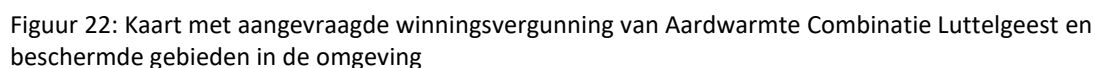
6.1 Bodemdaling of - stijging

Afkoeling van het reservoir kan er voor zorgen dat het reservoir krimpt. Deze krimp kan resulteren in bodemdaling aan het oppervlak. Dit wordt ook wel thermische zetting of subsidence genoemd. De thermische zetting als gevolg van de bestaande en geplande putten in het gebied van ACL is weergegeven in Figuur 21. De maximale bodemdaling is 3 mm en vindt plaats midden tussen de putten LTG-GT-04 en LTG-GT-012.



Figuur 21: Thermische zetting na 15 jaar o.b.v. 8.760 draaiuren, een verpomping van 380 m³/h en een injectietemperatuur van 20C. Zonder het systeem van Hoogweg.

De mijnbouwlocatie van Aardwarmte Combinatie Luttelgeest bevindt zich niet in een kwetsbaar natuur- of drinkwatergebied. De Opsporingsvergunning Luttelgeest 2 van ACL bevindt zich niet in een gebied met Aanvullende Strategische Voorraden. De putten doorboren ook geen drinkwater aquifers binnen een grondwaterbeschermingszone of waterwingebied. Het dichtstbijzijnde Natura 2000 gebied is het natuurgebied Weerribben. Dit natuurgebied bevindt zich op ca. 5 km afstand van de boorlocatie van Aardwarmte Combinatie Luttelgeest. In figuur 22 is ter verduidelijking de boorlocatie van Aardwarmte Combinatie Luttelgeest weergegeven, met de nabijgelegen natuurgebieden en drinkwatergebieden.



Pagina 38 van 45

6.3 Grondwater

In figuur 23 is de opbouw van de ondiepe ondergrond onder de boorlocatie van ACL samengevat. Onder de boorlocatie van ACL bevinden zich 5 aquifers met brak en zout water. Naar verwachting zijn er geen zoetwater aquifers, maar dit kan in de Noordoostpolder lokaal sterk verschillen. De Maassluis formatie (205-228m NAP) is een aquiclude en wordt gezien als het grensvlak tussen brakke aquifers en dieper gelegen zoute aquifers.

In het gebied is sprake van kwel. Het eerste watervoerende pakket heeft een stijghoogte tot ongeveer -5,1m NAP en het tweede watervoerende pakket ongeveer -4,5m NAP. De regionale grondwaterstroming in dit gebied is zuidelijk. De boorlocatie van ACL is echter omringd met watergangen, drainages en rioleringen, waardoor de grondwaterstroming van het freatisch grondwater kan afwijken. De stroomsnelheid van het grondwater wordt geschat op maximaal 3,6 meter per jaar, vanwege de zwak humeuze, siltige kleigrond.

Lithostratigraphic Column Luttelgeest_ LTG-GT-04							EXPECTED depth (m)	Geohydrological properties
Era	Group	Period	Formation	Epoch (Age)	Member	Lithology definition	TV-NAP	
Cenozoicum	Upper North Sea NU	Quaternary	Naaldwijk NUVA	Holocene		A marine deposit containing very fine to medium fine sand, silt and clay. The unit is calcareous and contains shells.	0	Aquiclude 'deklaag'
			Echteld NUEG			Fluvial (Rijn) deposits containing mainly silty to sandy clays with some layers of very fine to coarse grained sand.		
			Boxtel NUEX	Mid Pleistocene to Holocene		Mainly eolian, fluvial and glacial deposits. Very fine to medium coarse sands, silty. Non to very calcareous. Peat. Loam.	4	Aquifer 1a
			Krettenheye NUKR	Late Saalian - Early Holocene		Fluvial (Rijn) deposits containing very fine to very coarse grained sand (grey, brown, multi-colored), calcareous. Acc.: pebbles.	10	Aquitard 1
			Drente NUCR	Mid to Late Saalian		Glacial deposits containing medium to very coarse sands and pebbles. Silty to sandy clay and loam grey/blue to brown/grey. Also silts to medium fine sands.	31	Aquifer 2a
			Urk NUUR	End of Cromerian to Mid-Saalian		Fluvial (Rijn) deposits with medium fine to very coarse sands. Grey, after oxidation yellow to brown. Also other colors like pink. Pebbly. Fine plant and wood remains. Little mica.	46	Aquifer 2b
			Appelscha NUAP	Bavelian to Cromerian		Fluvial deposits from eastern rivers with medium fine to very coarse sands, light grey to light yellow. Pebbly. Non-calcareous. Plenty of Thüringer Forest-porfier, lydite en restquartz.	54	
			Peize NUFZ	Pliocene Reuverian to Early Waalian		Fluvial (east NL) deposits containing mainly medium coarse to very coarse sands but also some streaks of very fine sand. Acc.: clay, loam, gravel, restquartz.	73	Aquifer 3
			Waalre NUWA	Late-Pliocene to Early-Pleistocene		Fluvial (Rijn) deposits containing very fine to coarse grained sands and clay with much siderite. Acc.: mica, lignite, peat, and some shells.	140 158	Aquitard 3 Aquifer 4
			Maassluis NUMS	Early Pleistocene Preiglian-Tiglian		Deposits of coastal sands, very fine to medium coarse, calcareous, shell and wood bearing, mica rich. Silty to sandy, grey to dark grey clay containing shells and mica.	195	Aquiclude Geohydrological base (GHB)
		Tertiary	Oosterhout NUOT	Pliocene		Succession of sands, sandy clays, and grey and greenish clays. The lower part of the formation often consists of sands that are extremely rich in shells and bryozoans.	315	
			Breda NUBA	Miocene		Sequence of marine, glauconitic sands, sandy clays and clays. In places a glauconite-rich layer occurs at the base.	456	
			Rupel NURF	Oligocene Rupelian - Early Chaitian	Rupel Clay NURFC	Clays that become more silty towards basis and top. It is rich in pyrite, contains hardly any glauconite and calcium carbonate tends to be concentrated in the septaria layers.	531	Aquitard
	Middle North Sea NM			Eocene-Oligocene Prabonian - Rupelian	Vessem NURFV	Silty to clayey sands with a low glauconite content, flint pebbles or phosphorite nodules commonly occur at the base.	665	Aquifer

Figuur 23: Geohydrologische opbouw onder boorlocatie ACL (Bron: WEP, 2019)

7. Bodemtrilling

IF Technology heeft in 2019 voor Aardwarmte Combinatie Luttelgeest het potentieel voor het induceren van seismiciteit bepaald met behulp van de quickscan-methode die is beschreven in het rapport:

Defining the Framework for Seismic Hazard Assessment in Geothermal Projects V0.1 - Technical Report. Author(s): Stefan Baisch, Christopher Koch, Henrik Stang, Bas Pittens, Benno Drijver, Nick Buik. Date: 05.10.2016. Project: Kennisagenda – Defining the Framework for Seismic Hazard Assessment in Geothermal Projects. Prepared for: KennisAgenda Aardwarmte (Dutch Geothermal Research Agenda) sponsored by the Ministry of Economic Affairs, LTO Glaskracht Nederland and the program “Kas als Energiebron”.

De resultaten van de QuickScan zijn beschreven in de rapportage Quickscan for Potential of Inducing Seismicity Bernhard Rozen Luttelgeest (IF Technology, 2019). De QuickScan resulteerde in een score van 0,26. De QuickScan is in 2020 geüpdatet door IF Technology (IF Technology, 2019). De injectiedruk, injectietemperatuur en flow rate zijn gewijzigd. Deze Quickscan resulteerde in een score van 0,30. Dit ligt onder de grens van laag tot gemiddeld potentieel voor het induceren van seismiciteit. Volgens de richtlijnen heeft het project van Aardwarmte Combinatie Luttelgeest dus een laag potentieel voor het induceren van seismiciteit.

IF Technology heeft voor het onderzoek naar de reservoirintegriteit het reservoirmodel van ACL geüpdatet met de nieuwe beschikbare seismische data (Bron: Bijlage 1). Uit het nieuwe reservoirmodel en de breukenkaart blijkt dat er op 150 m afstand van LTG-GT-05 een breuk aanwezig is. Gezien de kleine afstand tussen GT-05 en deze geïnterpreteerde breuk is besloten een SHA uit te werken.

Uit de uitgevoerde berekeningen blijkt dat er een kans bestaat op breukreactivatie. In hoeverre dit kan leiden tot seismiciteit en tot welke magnitudes is op dit moment nog niet onderzocht. Uit onderzoek blijkt dat geothermie projecten in zandstenen met een porositeit groter dan 20% een zeer laag seismisch potentieel hebben. Verder blijkt uit onderzoek dat indien seismiciteit bij dergelijke projecten optreedt, de maximale magnitude onder de 2 blijft. Een dergelijk risico valt goed te ondervangen met een adequate monitoring. IF Technology adviseert ACL om een seismisch monitoringsprogramma met een TLS in te richten.

Momenteel monitort ACL de seismiciteit in de regio met het KNMI netwerk. Er is overleg geweest met het KNMI over de nauwkeurigheid van het lokale meetnetwerk. De detectie en locatie threshold ligt in de Noordoostpolder tussen de $M=1.0$ en $M=1.5$. De dichtstbijzijnde borehole seismometer bevindt zich in Oldetrijne op ca. 14km afstand. Het huidige netwerk is dus nauwkeurig genoeg voor het huidige TLS van ACL, zoals beschreven in het seismiciteit monitoring protocol, zie Bijlage 2.

KNMI heeft voornemens om het landsdekkende netwerk uit te breiden en nauwkeuriger te monitoren. GNL is daarnaast bezig met een industrie standaard protocol voor seismische monitoring. Het huidige protocol van ACL is hierop afgestemd en ACL zal het protocol van GNL dan ook overnemen wanneer deze gepubliceerd wordt.

8. Voorziene kosten van winning

Het gebruik van de putten en de winningsinstallatie brengt operationele kosten met zich mee. Daarnaast wordt er rekening gehouden met periodieke onderhoudskosten en herinvesteringen. In tabel 9 zijn de gemiddelde jaarlijkse kosten weergegeven voor investeringen, onderhoud en bedrijfsvoering. Jaarlijks wordt een vast bedrag gereserveerd voor onvoorziene kosten (zie de rij onvoorzien). Hieronder vallen ook de kosten voor het verlaten en verwijderen van de putten indien de putten onverwacht binnen de levensduur van 30 jaar moeten worden geabandonneerd.

OPERATIONAL PERIOD INPUTS								
Service contract jaar 1-2	EUR	245.000	140.000	105.000	-	-	-	-
Onderhoud jaar 3-15	EUR	2.001.810	-	37.770	151.080	151.080	151.080	151.080
Energiekosten	EUR	8.688.050	641.690	894.040	894.040	894.040	894.040	894.040
Inhibitor (CL)	EUR	795.000	53.000	53.000	53.000	53.000	53.000	53.000
Filterpatronen (80 wissels)	EUR	1.155.000	77.000	77.000	77.000	77.000	77.000	77.000
Verzekeringskosten	EUR	1.650.000	110.000	110.000	110.000	110.000	110.000	110.000
Algemene kosten & onvoorzien	EUR	750.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
Onroerendzaakbelasting	EUR	300.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000
Workover insurance	EUR	193.600	96.800	96.800	-	-	-	-
Agency fee	EUR	300.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000
Account bank vergoeding	EUR	15.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Onvoorzien (reservering abandonnering)	EUR	1.582.500	105.500	105.500	105.500	105.500	105.500	105.500
	EUR	-	-	-	-	-	-	-
Operational expenditure (nominal)	EUR	17.675.960	1.314.990	1.570.110	1.481.620	1.481.620	1.481.620	1.481.620
MAJOR MAINTENANCE & REINVESTMENTS								
category 2 - economic life 5 years								
ESP (pomp, motor, seal)	EUR	800.000	-	-	-	-	-	400.000
Putmetingen (periodieke logging)	EUR	240.000	-	-	-	-	-	120.000
Operations (contractors putonderhoud)	EUR	200.000	-	-	-	-	-	100.000
Materiaal (tubing, wellhead, inhibitor string)	EUR	80.000	-	-	-	-	-	40.000
Afvoer NORM	EUR	100.000	-	-	-	-	-	50.000
	EUR	-	-	-	-	-	-	-
Keuringen (WBDA, ijking veerveiligheids)	EUR	15.000	-	-	-	-	-	7.500
Groot onderhoud (injectiepomp, warmtewisselaar)	EUR	200.000	-	-	-	-	-	100.000
Onvoorzien	EUR	400.000	-	-	-	-	-	200.000
	EUR	-	-	-	-	-	-	-
Reinvestment category 2 - economic life 5 years - nominal	EUR	2.035.000	-	-	-	-	-	1.017.500

Tabel 9: Jaarlijkse en 5- jaarlijkse kosten voor investeringen, onderhoud, bedrijfsvoering, en de kosten voor abandonnering.

9. Referenties

Baisch, S., Koch C., Stang, H., Pittens, B., Drijver, B. & Buik, N. (2016). Defining the Framework for Seismic Hazard Assessment in Geothermal Projects V0.1 - Technical Report.

IF Technology (2015). Optimalisation Aardwarmte Luttelgeest. Referentie 63341/NB/20150320

IF Technology (2018). Geologische inventarisatie. Referentie 63341/EH/20180622

IF Technology (2018a). Well capacities at ACL. Referentie 20181113/63341/NB

IF Technology (2018b). Well capacities at ACL. Referentie 20181218/63341/NB

IF Technology (2019). Quickscan for Potential of Inducing Seismicity Bernhard Rozen Luttelgeest.

IF Technology (2019a). Omgevingsbelangen ACL

IF Technology (2020). Quickscan for Potential of Inducing Seismicity Bernhard Rozen Luttelgeest.

IF Technology (2022). Aardwarmte Combinatie Luttelgeest SHA, Fase 1

GERF (2019). Well design Luttelgeest Project

GEOS (2020). Well test reports GT-04, GT-05 & GT-06

Panterra (2020). Analysis Report Well LTG-GT04 Luttelgeest for Daldrup V1

WEP (2019a). Work Plan – Conductor Installation LTG-GT-04 v1.0.

10. Bijlages

Bijlage 1 Aardwarmte Combinatie Luttelgeest SHA, Fase 1

Bijlage 2 Seismiciteit Respons Protocol ACL