

Ontwikkelingsplan Aardwarmte Heerlen

Samenvatting

Dit document omvat de ontwikkelingsplan rapportage voor de putten HLH-GT-01 en HLH-GT-02, bekend onder de naam “Aardwarmte Heerlen” en vallende onder de Mijnbouwwet (Mbw).

Het document is opgesteld door Mijnwater B.V.. De gemeente Heerlen heeft Mijnwater B.V. als vertegenwoordiger en operator van “Aardwarmte Heerlen” gevraagd dit ontwikkelingsplan op te stellen, mede omdat Mijnwater B.V. de vergunning van de gemeente Heerlen beoogd over te nemen. Paulussen Advocaten voert namens Mijnwater B.V. en de gemeente het overleg met EZK hierover. Daarbij verwijzen wij naar de gevoerde gesprekken in juni 2018.

Het ontwikkelingsplan is ondersteunend aan het winningsplan dat op 5 november 2009 door de gemeente Heerlen is ingediend. Het ontwikkelplan geeft de geotechnische onderbouwing van het winningsplan. In deze samenvatting is een korte omschrijving opgenomen van de locatie en formatie en de wijze van winning en een korte beschrijving van de relevante potentiële risico's voor omgeving & milieu.

Locatie en formatie

De installaties van Mijnwater BV zijn gelegen binnen winningsvergunning HEERLEN. De winningsvergunning bestrijkt een oppervlakte van 40.9 km² en strekt zich uit over gemeentes Heerlen, Landgraaf en Kerkrade en loopt grotendeels gelijk met het voormalig concessiegebied van de ON mijnen.

De winningsvergunning in het kader van de Mbw is van kracht sinds 13 oktober 2009. Het bijhorende winningsplan dateert van 5 november 2009. Het betreft de putten HLH-GT-01 en HLH-GT-02, afgekort HH1 en HH2.

Mijnwater BV benut de aardwarmte via vijf winnings- en injectieputten. De ligging van het concessiegebied en de vijf putten is weergegeven in Figuur 1.

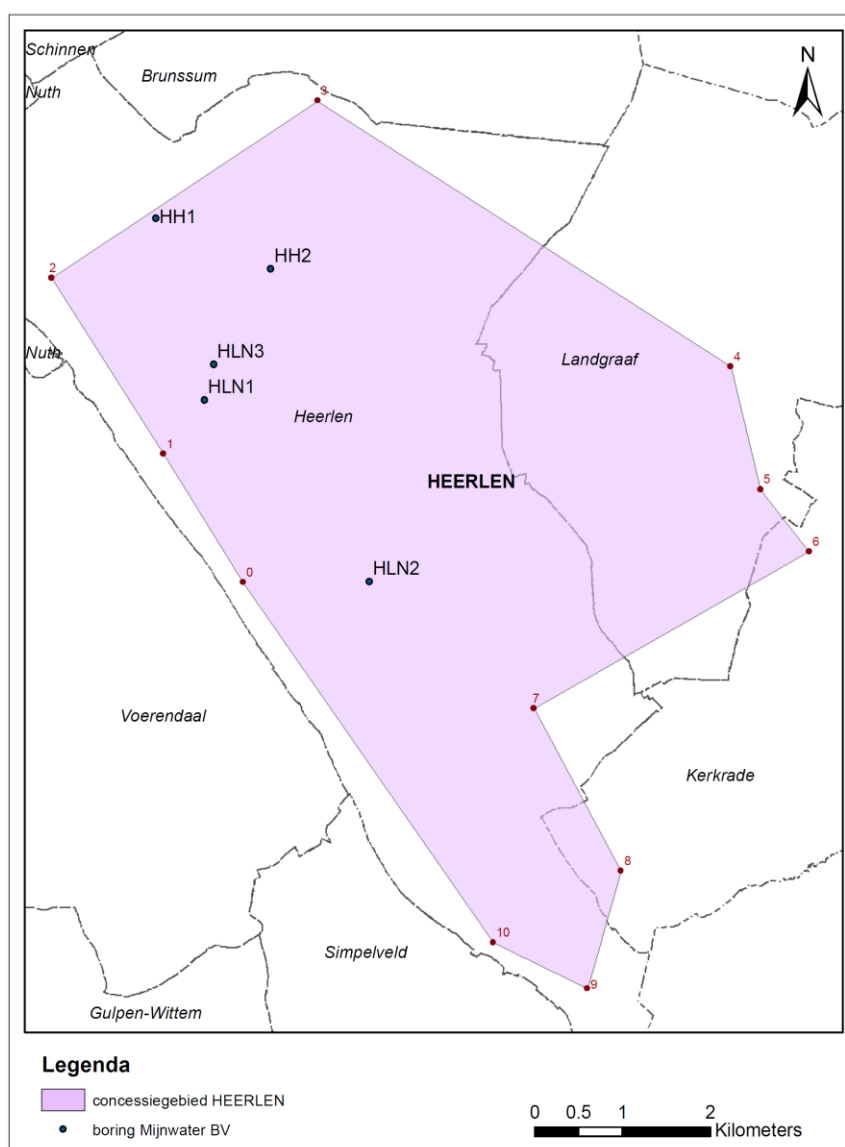
In Tabel 1 en 2 is een overzicht van de administratieve informatie van de twee diepe (> 500 m) bronnen HH1 en HH2 en van de drie ondiepe (< 500m) bronnen HLN1, HLN2 en HLN3 weergegeven. De ondiepe bronnen vallen niet onder de Mbw, maar de provinciale Grondwaterwet.

Putnaam	HH1 (HLH-GT-01)	HH2 (HLH-GT-02)
Type put	Injectie en productie	Injectie en productie
Spuddatum	2 maart 2006	18 maart 2006
Compleetie datum	31 mei 2006	2 juni 2006
X (m RD) oppervlaktelocatie	193805	195114
Y (m RD) oppervlaktelocatie	325649	325073
X (m RD) einddiepte	193804	195114
Y (m RD) einddiepte	325650	325073
Einddiepte (m AH)	692,2	695.5
Eind diepte (m TVD)	692,2	695.5
Eind diepte (m NAP)	-614,2	-601.6

Tabel 1: Algemene put informatie diepe bronnen HH1 en HH2

Putnaam	HLN1	HLN2	HLN3
Type put	Injectie en productie	Injectie en productie	Injectie en productie
Spuddatum	21 september 2007	8 augustus 2007	25 augustus 2007
Completie datum	26 oktober 2007	27 oktober 2007	29 oktober 2007
X (m RD) oppervlaktelocatie	194359	196238	194464
Y (m RD) oppervlaktelocatie	323579	321511	323984
X (m RD) einddiepte	194359	196238	194464
Y (m RD) einddiepte	323579	321511	323984
Einddiepte (m AH)	229.8	249	412.5
Eind diepte (m TVD)	229.8	249	412.5
Eind diepte (m NAP)	-136.8	-140	-323

Tabel 2: Algemene put informatie ondiepe koude (HLN1 en HLN2) bronnen en intermediaire bron (HLN3)



Figuur 1: Locatie geothermisch systeem.

De ondergrondse werken van de ON mijnen bevinden zich binnen de steenkool houdende gesteenten van de Limburg Groep, meer bepaald binnen de Caumer Subgroep. De mijngangen en

ontgonnen zones evenals het verbrokkelde randgesteente fungeren als een door de mens gemaakt aquifersysteem dat in principe afgescheiden van de boven- en onderliggende liggende grondwatersystemen door het ongeroerde gesteente van de Limburg Groep.

Uit de resultaten van het vooronderzoek blijkt, dat er in de hele Oranje Nassau concessie totaal in het ondergrondse mijngebouw bijna 11 miljoen m³ aan restruimte aanwezig is. Met uitzondering van de minst diepe afbouwzones in het zuiden van de ON I en II mijnen zijn alle schachten, mijngangen, galerijen en de gemijnde panelen einde 2018 volgelopen. Dit resulteert in een mijnwatervolume van ruim 10 miljoen, waarvan ca. 2.200.000 m³ aan mijngangen.

De afbouwingsituatie situeert zich in het dieptebereik van +75 tot -650 NAP. De top van de afbouwzone duikt geleidelijk van zuidoost naar noordwest. Met uitzondering van de oppervlakteschachten ligt de diepte van alle mijngangen en opbraken tussen -612 en 56 m NAP zoals in Figuur 2 weergegeven.

De geologische opbouw binnen het concessiegebied wordt in eerste instantie bepaald door de aanwezigheid van NO-ZW georiënteerde open plooien en een reeks NO-ZW georiënteerde overschuivingen, op- en afschuivingen zoals in Figuur 3 weergegeven.

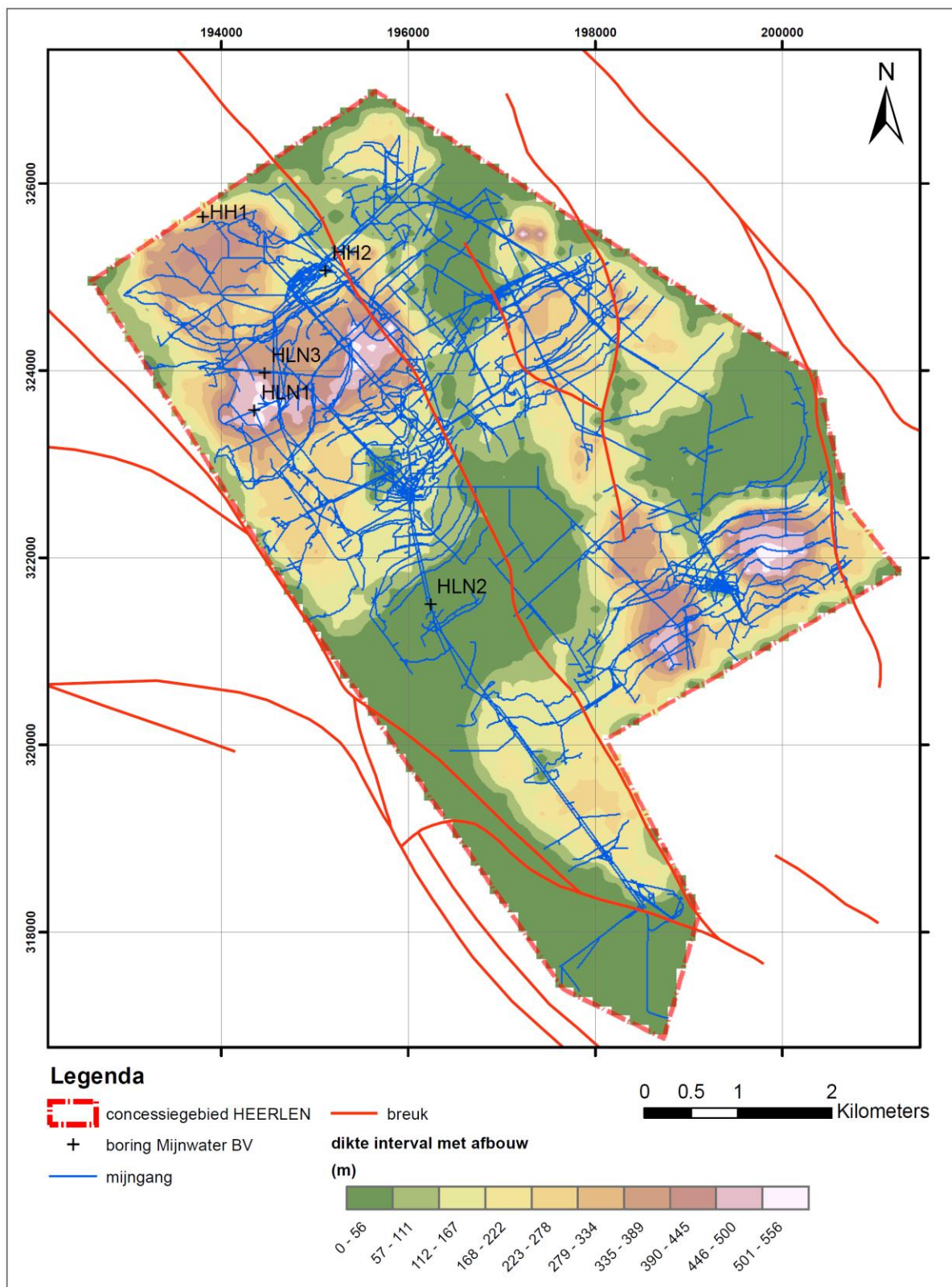
In het zuiden van het concessiegebied ligt de berekende temperatuur aan top van het afgebouwde interval tussen 12 en 15°C. In het noordwesten van ON III loopt dit op tot 20 à 22°C. Aan de basis van de afgebouwde zone worden in het noordwesten van het concessiegebied temperaturen van 29 – 33°C berekend. Dit is maximale temperatuur van het mijnwater binnen het concessiegebied. De gemiddelde temperatuur in het mijnwaterreservoir ligt rond 18,7°C.

HH1 werd geboord met het oog op de productie en injectie van warmwater (27 – 30°C). De putlocatie bevindt zich in nabij Caumerbroek in Heerlerheide. De boring target een transportgalerij in het uiterste noordwesten van de ON II mijn. Er werd een slotted liner geïnstalleerd tussen 688,5 en 690,0 m (-608,9 - -609,4 mNAP). De top van de Limburg groep ligt op een diepte van 143,0 m (-63,4 m NAP). De doorboorde lagen van Limburg Groep bestaan uit zandsteen, siltsteen, kleisteen en steenkoollagen van de Ruurlo Formatie (Caumer Subgroep). Na de productietest werd in de galerij een temperatuur van 30,7° C gemeten. Dit correspondeert met de verwachte temperatuur op deze diepte.

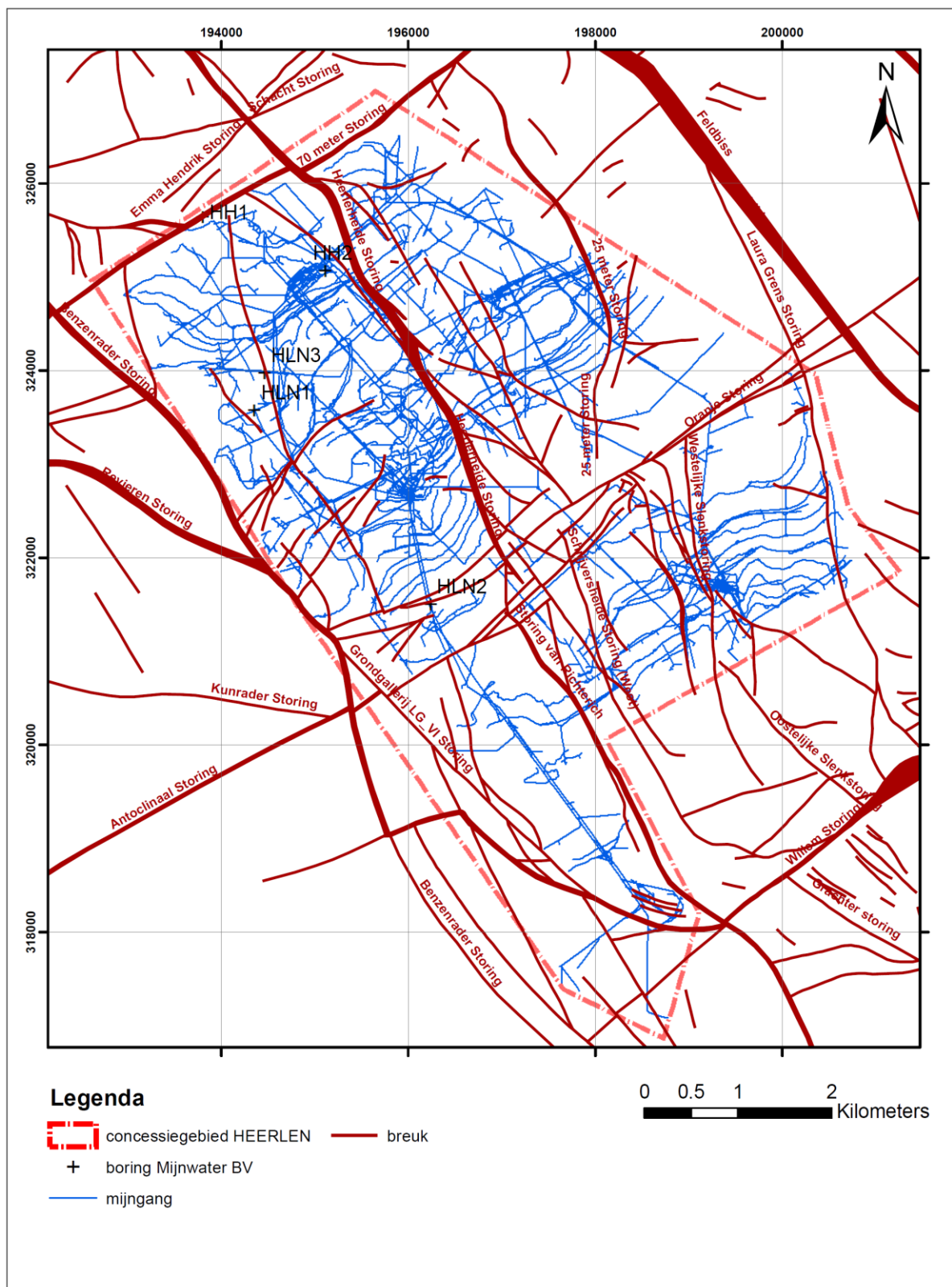
HH2 werd geboord met het oog op de opbouw van een warm water buffer in de volumineuze ondergrondse werken die deel uitmaken van het ON III schachtencomplex door injectie van warm water. Deze buffer moet het mogelijk maken in de toekomst meer warmte te leveren door productie uit HH2. Daarnaast schermt hij bron HH1 af van de koude en intermediaire put.

HH2 targets een steengang #701 in de nabijheid van de ON III schacht. De put heeft een 7" slotted liner over de steengang: 690,7 tot 694,2 m (-589,2 – -601,7 m NAP). De boring bereikte de basis van het dekterrein op een diepte van ca. 142 m (-49,5 m NAP). De top van de Limburg Groep wordt gevormd door zand- en siltstenen van de Ruurlo Formatie, met lokaal steenkoollagen en kleirijke zones. Er is geen stabiele temperatuurmeting in de steengang. Op basis van de temperatuurlog lijkt de geothermische gradiënt in de Limburg Groep 3.2 tot 3.3°C per 100 te bedragen.

De bronnen worden gekenmerkt door hoge productie- en injectie-indexen. Een groot deel van de stijghoogteverschillen gemeten in de bronnen tijdens productie en/of injectie is toe te schrijven aan wrijvingsverliezen in de putten zelf. De berekende drukverschillen in de mijngangen die uitgeven op de bronnen is van de orde van grootte van 1 – 10 m. Dit is een gevolg van het feit dat alle filters in open mijngangen geplaatst werden. De beperkte drukverschillen wijzen er op dat de aangeboorde mijngangen niet – volledig – afgesloten zijn.



Figuur 2: Dikte van het stratigrafische interval tussen de minst diepe en de diepste afbouwzone en ligging van de steengangen.



Figuur 3: Breukenkaart voor de top van de Caumer Subgroep (Limburg Groep) met weergave van de vijf putten van Mijnwater BV en de mijngangen.

De chemische analyses van de stalen genomen tijdens de pompproef tussen HH1 en HH2 in 2006 wijzen op een licht brak water met een totaal gehalte aan opgeloste zouten van 4,6 – 4,9 g/l. De dominante ionen zijn natrium, chloride en bicarbonaat. De formatiewater karakteristieken van de verschillende bronnen zijn in Tabel 3 weergegeven.

Parameter	HH1	HH2	HLN1	HLN2
TDS (g/l)	4,93	4,55	2,24	3,84
TDS (%wt)	0,49	0,46	0,22	0,37
EC2 @25°C (µS/cm)	7725	7340	3160	6040
Density @25°C (g/l)	1,0	1,0	1,0	1,0
Bubblepoint pressure (bar)	1.59	1.19	1.06	1.05
Anorganische Componenten	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
Na+	1459	1400	375	946
K+	60	75	33	60
Ca++	83	96	145	168
Mg++	61	65	75	65
Fe+++	3,9	9,4	5,1	<0,1
Fe++	0,30	0,63	<0,1	<0,1
Cl-	1725	1600	166	1257
F-	0,39	<1,0	0,30	0,27
SO4--	636	650	664	499
S--	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
HCO3-	904	650	781	847
CO3--	<0,1	-	<0,1	<0,1

Tabel 3: Formatiewater karakteristieken.

Wat opgeloste gassen betreft werd in geen van de drukstalen CO₂ of H₂S gas gemeten. Het CH₄ gehalte werd bepaald op 40µg/l tot 290µg/l. De hoogste waarden worden aangetroffen in de diepe bronnen, maar alle waarden liggen ver onder het verzadigingspunt. CO₂ is wel oververzadigd onder atmosferische condities. Wanneer de druk onder het bubbeldruk daalt zal gedeeltelijke ontgassing van CO₂ optreden. De karakterisatie van gassen en koolwaterstof inhoud zijn weergegeven in Tabel 4.

	HH1	HH2	HLN1	HLN2
pCO ₂	-0,24	-0,74	-1,34	-1,39
O ₂	< 0,5 mg/l	< 0,5 mg/l	< 1,0 mg/l	< 1,0 mg/l
CH ₄	290 µg/l	240 µg/l	40 µg/l	150 µg/l
H ₂ S	< 0,1 mg/l	< 0,1 mg/l	< 0,1 mg/l	< 0,1 mg/l

Tabel 4: Karakterisatie gassen en koolwaterstof inhoud.

Een “open pipe flow” voor het mijnwaterreservoir binnen concessiegebied Heerlen werd opgesteld binnen de EPANET-code (Rossman, 2000). In dit “open pipe flow” systeem zijn de belangrijke mijngangen en verbindingen tussen mijnverdiepingen geïntegreerd, waardoor de complexe geometrie van de ON-mijnen grotendeels in het model is opgenomen. Omdat het volume aan mijngangen in het model representatief is voor het reële restvolume aan gangen in de mijn kan het model gebruikt worden om stroomsnelheden in gangen en drukken in knooppunten te berekenen bij productiescenario's zoals in Tabel 5 weergegeven.

Productie	debiet (m ³ /h)	injectie	debiet (m ³ /h)	mijngang	v (m/h)
HH1	120	HLN3	120	steengang #256	42
HH1	120	HLN2	120	galerij naar laag # VII	24
HH1	180	HLN2	180	galerij naar laag # VII	32
HH2	120	HLN2	120	steengang #252	10
HH2	180	HLN2	180	steengang #252	15
HLN1	240	HLN3	240	steengang #256	84
HLN1	240	HH1 & HH2	120 & 120	galerij naar laag # VII	32
HLN1	360	HH1 & HH2	180 & 180	galerij naar laag # VII	48
HLN1	240	HLN3	240	steengang #256	84
HLN2	240	HH1 & HH2	120 & 120	galerij naar laag # VII	32
HLN2	360	HH1 & HH2	180 & 180	galerij naar laag # VII	48

Tabel 5: Maximale berekende stroomsnelheid en locatie van voorkomen voor specifieke productie- en injectiesituaties.

Modelresultaten laten zien dat de stroming vooral plaats vindt in het ON I en ON III deel van het reservoir, ongeacht de injectie in HH2, HLN2 of HLN3 gebeurt. Het ON IV deel van het reservoir komt meer in beweging op het moment dat pompput HLN2 gebruikt wordt voor productie. Dit geldt ook voor het ON II deel, maar in veel mindere mate. De stromingen in het ON II deel van het reservoir zijn hoofdzakelijk het gevolg van de natuurlijke afvoer van mijnwater via het overlooppunt naar de Laura mijn.

Wijze van winning

In 2012/2013 is het systeem omgebouwd naar een energie-uitwisselingsysteem met het gebruik van het mijnwaterreservoir als buffer. Sindsdien zijn alle 5 de bronnen in gebruik en is de capaciteit verhoogd:

- HH1 als warme productieput; 700 meter diep; temperatuur 28 graden (> 500 m, vallend onder de Mijnbouwwet); productiecapaciteit 120 m³/h;
- HH2 als warme injectieput; 700 meter diep; gewogen gemiddelde injectietemperatuur > 28 graden (> 500 m, vallend onder de Mijnbouwwet); injectiecapaciteit > 180 m³/h;
- HLN1 als koude productieput; 250 meter diep; temperatuur 16 graden (< 500 m, vallend onder de Grondwaterwet); productiecapaciteit 240 m³/h
- HLN2 als koude injectieput; 250 meter diep; temperatuur < 16 graden (< 500 m, vallend onder de Grondwaterwet); injectiecapaciteit > 360 m³/h
- HLN3 injectieput voor de injectie van gebruikt mijnwater; 350 en 450 meter diep; intermediaire temperatuur tussen 18 en 24 graden (< 500 m, vallend onder de Grondwaterwet); injectiecapaciteit > 240 m³/h.

De injectieput HLN3 wordt alleen nog toegepast als back-up in geval van storingen of onderhoud aan de nieuwe injectieputten HH2 of HLN2.

Er loopt een uitvoeringsplan waarbij alle putten worden omgebouwd tot bidirectionele putten voor zowel de productie als injectie van mijnwater. HH2 is in 2017 omgebouwd (productie 120 m³/h; injectie 180 m³/h). HLN1 wordt momenteel omgebouwd en zal vanaf medio mei 2019 als zodanig operationeel zijn (productie 240 m³/h; injectie 180 m³/h). In het voorjaar van 2019 wordt HH1 omgebouwd (productie 120 m³/h; injectie 240 m³/h) en in het najaar 2019 staat de ombouw van HLN2 (productie 240 m³/h; injectie 480 m³/h) gepland.

Het reservoir wordt op geen enkele wijze gestimuleerd. Alle putten worden drukloos bedreven. De annulus is open en staat in verbinding met de buitenlucht.

In Tabel 6 zijn de historische jaarlijkse productie- en injectiegegevens (m³, m³/h, GJ, temperatuur, vollasturen) van 2014 t/m 2018 weergegeven, e.e.a. zoals ook gerapporteerd aan TNO. Tot en met 2018 heeft HH1 puur gefunctioneerd als productieput en HH2 als injectieput.

Jaar	Prod. Temp. (°C)	Infiltr. Temp. (°C)	Capaciteit prod. (m ³ /h)	Capaciteit infiltr. (m ³ /h)	Hoeveelheid (m ³) prod.	Hoeveelheid (m ³) infiltr.	Energie prod. (GJ)	Energie infiltr. (GJ)	Vollast uren prod. (hrs)	Vollast uren infiltr. (hrs)
2014	26,49	29,04	120	120	119.231	93.788	0	0	994	782
2015	27,24	25,94	120	120	194.978	34.220	7.165	1.176	1.625	285
2016	27,49	27,60	120	120	216.420	174.426	11.059	8.492	1.804	1.454
2017	27,42	27,45	120	120	231.299	192.014	11.498	8.132	1.927	1.600
2018	27,45	27,24	120	120	243.124	195.960	10.734	8.289	2.026	1.633

Tabel 6: Historische jaarlijkse productie- en injectie warmte HH1 en HH2

Op dit moment zijn ca. 200.000 m² aan gebouwen aangesloten op het Mijwaterreservoir. Hetgeen resulteert in een totaal door het mijnwaterreservoir geleverde warmte van ca. 10.700 GJ en 9.200 GJ aan koude per jaar in 2018. De koude levering staat gelijk aan de injectie van warmte. Deels heeft de injectie van warmte plaatsgevonden in de HLN3 (< 500m). Het aantal vollasturen bedraagt momenteel ca. 1.960 uur voor warmte en 1.830 uur voor koude.

In de komende 5 tot 6 jaar is een uitbreiding van het aantal aansluitingen voorzien tot meer dan 1.100.000 m² aan gebouwequivalenten, met een geprognostiseerde levering van ca. 81.000 GJ aan warmte en ca. 57.000 GJ aan koude door het mijnwaterreservoir. Voorzien is dat de pompcapaciteit van de bestaande putten HH1 en HH2 kan worden verhoogd van 120 naar 180 m³/h en dat minimaal één nieuwe put met een pompcapaciteit van 360 m³/h (HH3) wordt gerealiseerd.

In Tabel 7 is de totale jaarlijkse warmteproductie en warmte injectie prognose (m³, m³/h, GJ, temperatuur en vollasturen) voor de komende 6 jaar weergegeven.

Jaar	Prod. Temp. (°C)	Infiltr. Temp. (°C)	Capaciteit prod. (m ³ /h)	Capaciteit infiltr. (m ³ /h)	Hoeveelheid (m ³) prod.	Hoeveelheid (m ³) infiltr.	Energie prod. (GJ)	Energie infiltr. (GJ)	Vollast uren prod. (hrs)	Vollast uren infiltr. (hrs)
2019	27,50	28,00	180	120	267.644	193.897	13.489	9.772	1.487	1.616
2020	27,50	28,00	180	120	322.305	227.490	16.244	11.465	1.791	1.896
2021	27,50	28,00	540	480	986.969	864.432	49.743	43.567	1.828	1.801
2022	27,50	28,00	600	540	1.254.293	970.957	63.216	48.936	2.090	1.798
2023	27,50	28,00	660	540	1.399.094	1.036.484	70.514	52.239	2.120	1.919
2024	27,50	28,00	720	600	1.609.006	1.137.861	81.094	57.348	2.235	1.896

Tabel 7: Prognose jaarlijkse totale productie- en injectie warmte 2019 t/m 2024

Het opvoeren van de debieten heeft effect op de stijghoogtes in de putten tijdens productie (afpomp) en injectie (stuwing). Met name het effect voor de injectie zal verder worden onderzocht en kan leiden tot:

- Beperken maximale injectieflow;
- Aanpassingen aan de putten zodat deze onder druk bedreven kunnen worden;
- Bijkomende (productie- en) injectieputten;
- Opvoeren van de leveringscapaciteit door opslag van warmer (>30°C) en kouder (<15°C) water.

Relevante potentiële risico's voor omgeving & milieu

De relevante potentiële risico's voor de omgeving en het milieu betreffen de putintegriteit en bodembeweging.

Ten behoeve van de putintegriteit is Mijwater B.V. bezig met het opzetten van een Well Integrity Management Systeem als onderdeel van het onderhanden VG-systeem voor de operationele fase aan de hand van de templates van DAGO. De ontwikkeling van beide systemen is in oktober 2018 opgestart. Het streven is om deze medio mei operationeel te hebben.

Voor de korte termijn is voorzien om in het voorjaar van 2019 een logcampagne uit te voeren tijdens de eerst volgende putinterventie. Deze zal plaatsvinden tijdens de inspectie en revisie van de bronpomp van de geothermieput Heerlerheide 1 ofwel (HLH-GT-01) en Heerlerheide 2 (ofwel HLH-GT-02).

Voor de langere termijn zal Mijwater B.V. een inspectie schema opstellen, geïnspireerd op de ISO 16530-2 en de aanbevelingen vanuit de DAGO 'Recommended Practice' als onderdeel van het in ontwikkeling zijnde VG-systeem en WIMS. In essentie leiden de continue monitoring van onze productiewaarden, de halfjaarlijkse wateranalyses, de routinematige inspectierondes, aangevuld met regelmatig terugkerende logcampagnes, tot de opbouw van een trendanalyse, zodat wij binnen ons project proactief de eventuele afname van de wanddikte van de casing in kaart kunnen brengen en de putintegriteit te kunnen waarborgen.

Tevens is op verzoek van SodM door VITO een rapport opgesteld met betrekking tot de plaatselijke geologische basis om te bepalen of er risico's kunnen ontstaan bij falende putintegriteit. De notitie over de geologische en geohydrologische basis is als Bijlage 2 toegevoegd.

Bodemdaling ten gevolge van exploitatie van het reservoir zijn niet te verwachten. De grote hydraulische diameter van de aangeboorde gangen resulteert in hoge productie- en injectie-indexen voor de vijf putten. Wanneer de putten niet in gebruik zijn is de stand van het mijnwaterniveau gelijk aan de stijghoogte geobserveerd in schacht II van de ON I. Dit wijst er op dat de gangen deel uitmaken van hetzelfde hydraulische systeem: ze zijn met elkaar verbonden. De productiedata toont bovendien aan dat er geen gestage drukopbouw of -verlaging plaatsvindt gedurende langdurige productie of injectie. Dit duidt er op dat de putten contact maken met een groot watervolume en/of op een goede hydraulische connectie tussen de putten. De observaties wijzen er op dat er geen blijvende drukopbouw door injectie rond één van de putten plaatsvindt.

Het seismisch risico kan als laag in ingeschat worden. De QS-scoringstabel (Tabel 8) geeft de resultaten van de quick scan voor de putten in Heerlen. Omdat elk van de putten voor productie en injectie benut kan worden, werd een score per put berekend. De scores variëren tussen 0,19 en 0,33..

score	basement connected	interwell pressure communication	re-injection pressure [MPa]	circulation rate [m³/h]	epicentral distance to natural earthquakes [km]	epicentral distance to induced seismicity [km]	Distance to fault [km]	orientation of fault in current stress field	net injected volume [1000 m³]
10	yes	no	> 7	> 360	< 1	< 1	< 0.1	favorable	> 20
7	possible	unlikely	4 - 7	180-360	1 - 5	1 - 5	0.1 - 0.5	shearing possible	5 - 20
3	unlikely	likely	1 - 4	50-180	5 - 10	5 - 10	0.5 – 1.5	shearing unlikely	0.1 - 5
0	no	yes	< 1	< 50	> 1	> 10	> 1.5	locked	< 0.1
Score	0 - 3	0	0	0*	7 - 10	0	7-	0 / 10	0
normalised score (S) is								0,19 – 0,33	

Tabel 8: QS-Scoringstabel

* Waarde beargumenteerd op basis van de geringe effecten van de injectie op de druk in de mijngangen en de goede connectiviteit tussen de putten.

Inhoud

Samenvatting	1
Locatie en formatie	1
Wijze van winning	7
Relevante potentiële risico's voor omgeving & milieu	9
Inleiding.....	13
Algemene omschrijving.....	13
Mijnwater 1.0.....	13
Mijnwater 2.0.....	16
Mijnwaterreservoir van bron naar buffer	18
Overzicht aangevraagde en verleende vergunningen	19
Verantwoorde winning, veilig voor mens en milieu	20
Putintegriteit	20
Nadelige gevolgen natuur	22
Procedure en Publiekscommunicatie	24
Locatie en beschrijving van het geothermisch systeem	24
Locatie van het geothermisch systeem	24
Beschrijving van geothermisch systeem.....	26
Beschikbare en gebruikte putten en seismische data	27
Keuze van de referentieputten en putinformatie	27
Seismische gegevens.....	29
Kaarten en andere gegevens	29
Coördinaatsysteem	29
Beschrijving van de putten	29
Karakteristieken van het mijnwaterreservoir	33
Opbouw en omvang van het reservoir	33
Diepte van het reservoir	34
Dikte van het reservoir.....	35
Structurele kader	37
Temperatuurverdeling	38
Beschrijving van de putten.....	40
Productie- en injectiekarakteristieken	44
Formatiewater karakteristiek	45
De diepe putten (HH1 & HH2)	45
De ondiepe putten (HLN1 en HLN2)	45
Reservoir modellering.....	46
Stromingseigenschappen.....	46
Reservoirmodel.....	47

Modelresultaten	48
Wijze van winning	51
Beschrijving winning	51
Winningsproces.....	52
Meetsondes	55
Historische productie.....	57
Prognose	59
Maximale injectiedruk en debiet uit de WABO	63
Operationele begrenzings vanuit installatietechnisch oogpunt	63
Meegevoerd gas.....	66
Duur van winning	66
Toekomstige ontwikkeling	66
Interferentie.....	67
Bodemdaling	69
Inventarisatie van gevaar op bodemtrillingen- Quick-Scan	69
Quick-Scan scoringsvragen	69
Evaluatie scoringsparameters Quick-Scan	70
Resultaten Quick-scan.....	73
Nadelige gevolgen.....	73
CAPEX – OPEX	74
Referenties.....	75
Bijlages	76

Inleiding

In de inleiding wordt een algemene beschrijving geven van:

- Het geothermie systeem en het Mijwater systeem in het geheel;
- Hoe de warmte gebruikt gaat worden;
- Een overzicht van de aangevraagde en verleende vergunningen.

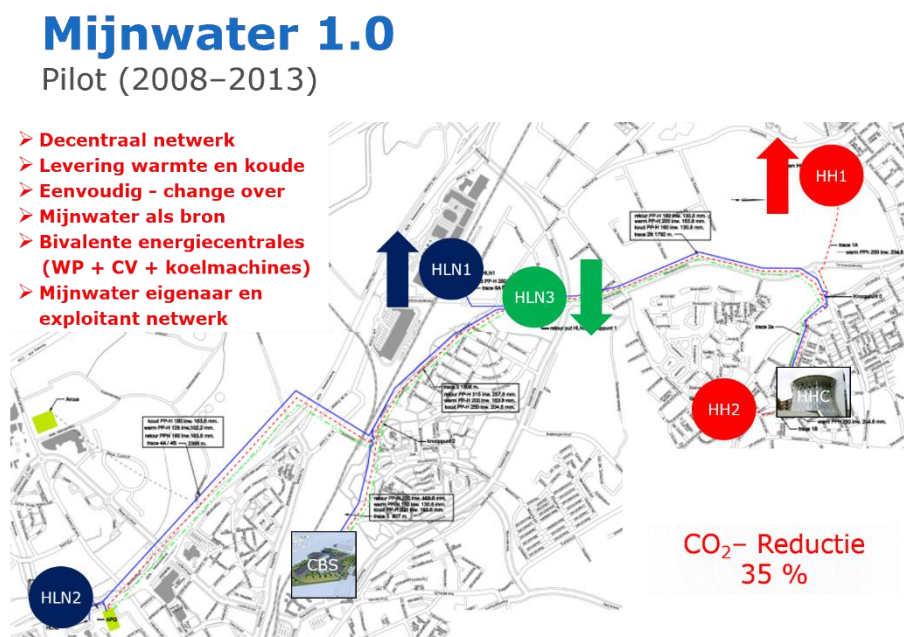
Algemene omschrijving

Het pilotproject Mijwater 1.0 (2008 – 2013) heeft aangetoond, dat het gebruik van mijwater als bron voor duurzame energie haalbaar is, zowel uit oogpunt van CO₂-reductie alsook technisch, economisch en juridisch. Dit heeft geresulteerd in de doorontwikkeling naar Mijwater 2.0 (2013 – heden) en de oprichting van de Mijwater B.V. in 2013 met de gemeente Heerlen als 100% aandeelhouder. Mijwater is een belangrijke pijler geworden van de Parkstad Limburg Energie Transitie (PALET). In september 2018 is Mijwater B.V. door de gemeente Heerlen verkocht aan het Limburgs Energie Fonds van de Provincie Limburg. Daarmee is de basis gelegd voor grootschalige uitrol binnen Heerlen, Parkstad en daarbuiten.

De volgende paragrafen worden de 2 ontwikkelfases van Mijwater Heerlen nader toegelicht. Aansluitend wordt de benutting van het mijwaterreservoir van als bron (Mijwater 1.0) en als buffer (Mijwater 2.0) apart besproken.

Mijwater 1.0

Mijwater 1.0 wordt ook wel de pilot fase genoemd, waarbij het mijwatersysteem als onderzoeksproject door de gemeente Heerlen is uitgevoerd binnen een Europees project genaamd Minewater, dat binnen het programma Interreg IIIB NWE van de Europese commissie liep. Op 31 december 2008 is dit project succesvol afgesloten en is het Mijwater 1.0 systeem in bedrijf genomen. In Figuur 4 is het Mijwater 1.0 systeem weergegeven met de plattegrond van Heerlen als ondergrond. Het systeem heeft tot 2013 op deze wijze gefunctioneerd.



Figuur 4: Mijwater 1.0

In Heerlen zijn binnen het project Mijwater 1.0 vijf (5) boringen geplaatst:

- 2 warme putten in het noordelijk deel van Heerlen (zie Figuur 1: de rode stippen), met een diepte van 700 meter, een temperatuur van 28 graden en een putcapaciteit van 120 – 180 m³/h per put; Hiervan is 1 put als productiebron in bedrijf gesteld, namelijk HH1, met in eerste instantie een pompcapaciteit van 56 m³/h.
- 2 koude putten in het zuidelijk deel van Heerlen (zie Figuur 1: de blauwe stippen), met een diepte van 250 meter, een temperatuur van 16-18 graden en een putcapaciteit van 240 - 360 m³/h per put; Hiervan is 1 put als productiebron in bedrijf gesteld, namelijk HLN1, met in eerste instantie een pompcapaciteit van 80 m³/h.
- 1 retourput in het midden van Heerlen (zie Figuur 1: de groene stip), met een diepte van 450 meter, voor de injectie van gebruikt mijwater, met intermediaire temperatuur tussen 18 en 24 graden en een putcapaciteit van 240 – 360 m³/h. Het betreft de HLN3 bron.

Tabellen 9 t/m 13 tonen de casing data van de verschillende putten.

Casing	Hole	Casing	ID	Top MD	Shoe MD	Top TVD	Shoe TVD	Grade	Weight	Roughness
unit	inch	inch	mm	m	m	m	m		ppf	mm
conductor	23	18 5/8	446,21	1,45	30,2	1,45	30,2	K55	87,5	0,15
casing 1	17 1/2	13 3/8	316,46	1,1	175	1,1	175	K55	54,5	0,15
casing 2	12 1/4	9 5/8	212,83	0,9	644	0,9	644	K55	53,5	0,15
liner	8 3/8	7	152,4	610,8	690,3	610,8	690,3	K55	29	0,15
slotted	8 3/8	7	152,4	690,3	692,2	690,3	692,2	K22	29	0,15

Tabel 9: Casing schema HH1 (DEM > 500m)

Casing	Hole	Casing	ID	Top MD	Shoe MD	Top TVD	Shoe TVD	Grade	Weight	Roughness
unit	inch	inch	mm	m	m	m	m		ppf	mm
conductor	23	18 5/8	446,21	1,42	30	1,42	30	K55	87,5	0,15
casing 1	17 1/2	13 3/8	316,46	1,15	160,3	1,15	160,3	K55	54,5	0,15
casing 2	12 1/4	9 5/8	212,83	0,62	653,2	0,62	653,2	K55	53,5	0,15
liner	8 3/8	7	152,4	619,85	690,8	619,85	690,8	K55	29	0,15
slotted	8 3/8	7	152,4	690,8	695	690,8	695	K55	29	0,15

Tabel 10: Casing schema HH2 (Ganzeweide > 500m)

Casing	Hole	Casing	ID	Top MD	Shoe MD	Top TVD	Shoe TVD	Grade	Weight	Roughness
unit	inch	inch	mm	m	m	m	m		ppf	mm
conductor	23"	20"	485,7	0	30	0	30	K55	94	0,15
casing 1	17 1/2"	16"	387,4	0	154	0	154	K55	65	0,15
Liner	12 1/4"	9 5/8"	224,4	148,2	229,4	148,2	229,4	K55	40	0,15
slotted 1	12 1/4"	9 5/8"	224,4	223,9	227,9	223,9	227,9	K55	40	0,15

Tabel 11: Casing schema HLN1 (Ikea < 500m)

Casing	Hole	Casing	ID	Top MD	Shoe MD	Top TVD	Shoe TVD	Grade	Weight	Roughness
unit	inch	inch	mm	m	m	m	m		ppf	mm
conductor	23"	20"	485,7	0	30	0	30	K55	94	0,15
casing 1	17 ½"	16"	387,4	0	154	0	154	K55	65	0,15
Liner	12 ¼"	9 5/8"	224,4	153,5	249	153,5	249	K55	40	0,15
slotted 1	12 ¼"	9 5/8"	224,4	244	247	244	247	K55	40	0,15

Tabel 12: Casing schema HLN2 (APG < 500m)

Casing	Hole	Casing	ID	Top MD	Shoe MD	Top TVD	Shoe TVD	Grade	Weight	Roughness
unit	inch	inch	mm	m	m	m	m		ppf	mm
conductor	23"	20"	485,7	0	32	0	32	K55	94	0,15
casing 1	17 ½"	16"	387,4	0	154	0	154	K55	65	0,15
Liner	12 ¼"	9 5/8"	224,4	154	412,8	154	412,8	K55	40	0,15
slotted 1	12 ¼"	9 5/8"	224,4	303,7	306,7	303,7	306,7	K55	40	0,15
slotted 2	12 ¼"	9 5/8"	224,4	408	410	408	410	K55	40	0,15

Tabel 13: Casing schema HLN3 (Terhoevenweg < 500m)

Via een zogenaamde mijnwater-backbone zijn de putten en gebruikers met elkaar verbonden. De backbone bestaat uit 3 leidingen:

- Warme leiding voor aanvoer van warm mijnwater;
- Koude leiding voor aanvoer van koud mijnwater;
- Retour leiding voor afvoer van gebruikt mijnwater (koud en warm) met injectie in de retourput HLN3.

In de Mijnwater 1.0 situatie waren 2 gebouwcomplexen direct aangesloten op de mijnwater backbone:

- Het nieuwe CBS kantoor met een oppervlakte van ca. 20.000 m²;
- Het Heerlerheide Centrum (HHC) complex met een oppervlakte van ca. 30.000 m³ met woningen, kantoren, commerciële ruimten, een gemeenschapshuis en supermarkt.

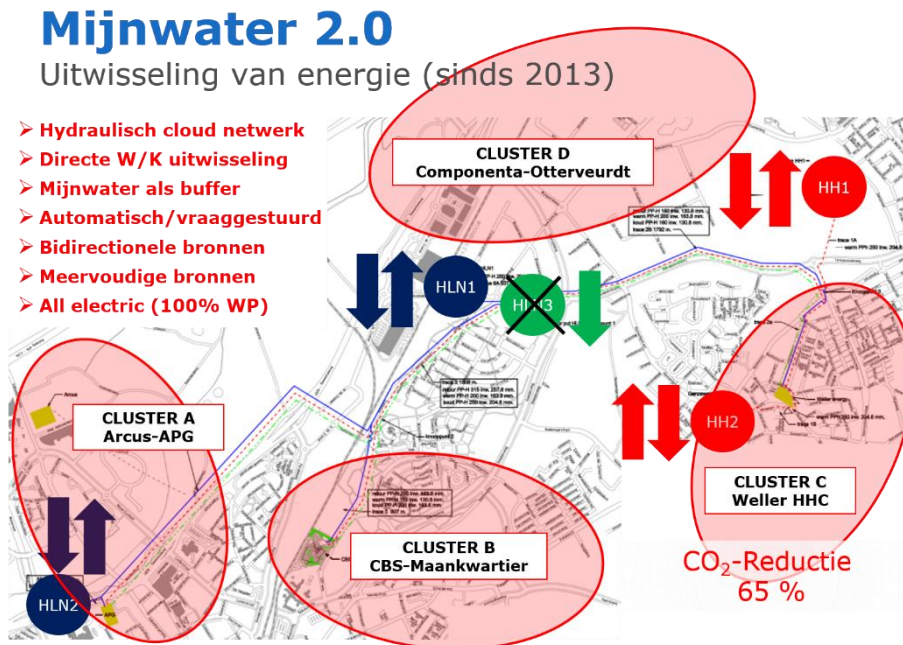
Bij de afnemers zijn warmtewisselaars en aanvullende systemen geïnstalleerd voor de veilige levering van warmte en koude.

Belangrijkste kenmerken van het Mijnwater 1.0 systeem zijn:

- Decentrale energiecentrales in de gebouwen;
- Levering van warmte en koude, met een eenvoudig change-over systeem, voor levering van warmte in de winter (oktober t/m maart) en koude in de zomer (april t/m september);
- Inzet van het mijnwater puur als geothermische bron;
- Bivalente energiecentrales: warmtepompen voor de basislast verwarmen en koelen en CV-ketels voor de pieklast warmte en koelmachines voor de pieklast koude;
- Mijnwater alleen eigenaar en exploitant van het netwerk, niet van de energiecentrales.

Mijnwater 2.0

Dynamische thermisch hydraulische modellering van het ondergrondse mijnwaterreservoir door VITO toonde aan dat, bij handhaving van de Mijnwater 1.0 bedrijfswijze, uitbreiding van de capaciteit tot uitputting zou leiden van het mijnwaterreservoir. Om de capaciteit verder te kunnen vergroten is in 2012-2013 een heel nieuw concept ontwikkeld en gerealiseerd, gebaseerd op energie uitwisseling en het gebruik van het mijnwaterreservoir als buffer; in andere woorden als Koude Warmte Opslag (KWO). In Figuur 5 is het Mijnwater 2.0 systeem weergegeven.



Figuur 5: Mijnwater 2.0

De uitwisseling tussen gebouwen/gebruikers vindt plaats in 4 clusternetwerken. De uitwisseling tussen clusternetwerken vindt plaats via de bestaande mijnwater backbone. Elke gebruiker is dus niet langer direct aangesloten op de mijnwater backbone. Een gebouw dat warmte vraagt levert koude retour aan het clusternetwerk, dat door de buurman weer kan worden gebruikt voor koeling en vice versa. Hierdoor is een gebruiker niet langer alleen een consument, maar ook een producent van bruikbare warmte en koude, ofwel een prosument. Op deze wijze is er een hydraulisch cloud netwerk ontstaan, waarbij warmte en koude eerst direct door gebouwen met elkaar worden uitgewisseld, voordat aanspraak wordt gemaakt op mijnwater.

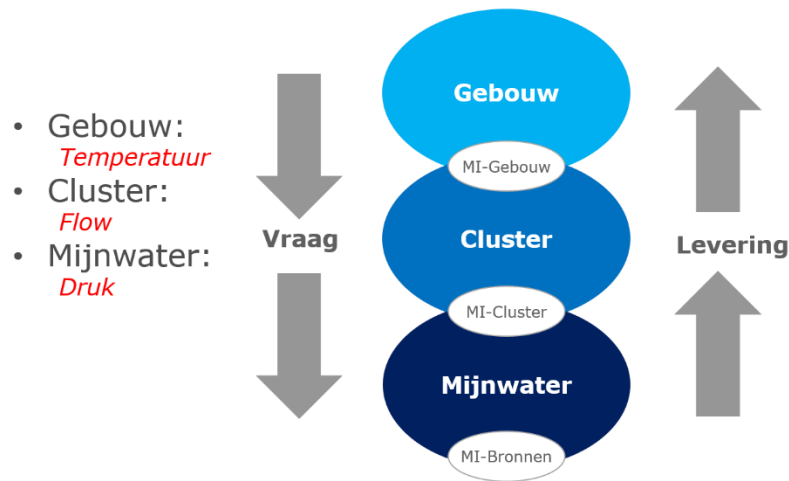
De overvloedige warmte en koude wordt in het mijnwaterreservoir op de juiste plek opgeslagen; warmte in het diepe deel (> 500m) en koude in het ondiepe deel (< 500m) van het reservoir. Het ondergrondse mijnwaterreservoir wordt als het ware geregenereerd met restwarmte en koude uit de bovengrond, waarmee uitputting wordt voorkomen.

Het uitwisselingsnetwerk bestaat uit slechts 2 leidingen (een warme en een koude leiding), waarmee te allen tijde gelijktijdig kan worden verwarmd en gekoeld. De bestaande retourleiding (3^e leiding) van de mijnwater backbone heeft zijn oorspronkelijke functie (de afvoer van retourwater) verloren en wordt stand-by gehouden als back-up en wanneer in de toekomst extra capaciteit bij koude of warmte levering of injectie benodigd is.

Het gehele systeem werkt volautomatisch en vraaggestuurd en onderscheidt 3 besturingsniveaus zoals in Figuur 6 weergegeven.

Mijnwater 2.0

Smard grid: 3 besturingsniveau's



Figuur 6: Besturingsniveaus Mijnwater 2.0

Gebouwniveau

Op gebouwniveau bevindt zich de energiecentrale. Deze levert aan het gebouw gelijktijdig warmte en/of koude. Dit resulteert in een netto warmte- of koudevraag op gebouwniveau. Deze wordt geleverd door het volgende niveau, het clusternetwerk.

Clusterniveau

Via het clusternetwerk wisselen gebouwen warmte en koude met elkaar uit. Na uitwisseling ontstaat er een netto warmte of koude vraag op clusterniveau. Deze wordt geleverd door het volgende niveau, de mijnwater-backbone.

Mijnwaterniveau

Via de mijnwater backbone wisselen clusters warmte en koude met elkaar uit. Na uitwisseling ontstaat er een netto warmte of koude vraag op mijnwaterniveau. Deze wordt geleverd door de mijnwaterbronnen. Bij een netto warmtevraag, leveren de warme bronnen warmte en wordt koude geïnjecteerd in de koude bronnen en vice versa.

Op deze wijze is het gehele systeem op gebouw-, cluster- en mijnwaterniveau voortdurend in balans. Elk niveau werkt onafhankelijk van de andere. Op gebouwniveau wordt gestuurd op temperatuur, op clusterniveau op flow en op mijnwaterniveau op druk.

Bij de ombouw in 2013 van Mijnwater 1.0 naar 2.0 is de pompcapaciteit van de warme productieput HH1 verhoogd naar 120 m³/h en van de koude productieput HLN1 verhoogd naar 240 m³/h.

Er loopt een uitvoeringsprogramma om alle mijnwaterputten (behalve HLN3) bidirectioneel te maken om zowel warmte te kunnen produceren (onttrekken) als injecteren (opslaan). De warme bron HH1 wordt in het voorjaar 2019 bidirectioneel gemaakt.

De warme bron HH2 is reeds bidirectioneel uitgevoerd. HLN1 wordt momenteel omgebouwd en zal vanaf medio mei 2019 als zodanig operationeel zijn. De koude bron HLN2 is voorzien om in het najaar 2019 bidirectioneel gemaakt te worden.

Op het netwerk kunnen eenvoudig additionele bronnen worden aangesloten, zoals restwarmte van de industrie, datacentra of supermarkten, maar ook zon thermische warmte. De inkoppeling van restenergiestromen is identiek aan de inkoppeling van gebouwen.

De energiecentrales die nu gebouwd worden zijn allen all-electric. Warmte en koude worden volledig opgewekt met warmtepompen, geen CV-ketels en koelmachines meer. Mijnwater 2.0 betekent een gasloze energievoorziening.

Mijnwater B.V. is niet langer alleen eigenaar en exploitant van het netwerk, maar ook eigenaar en/of exploitant van de meeste decentrale energiecentrales bij de verbruikers.

De mijnwater backbone is een open bron netwerk, waar mijnwater doorheen stroomt. De ondergronds transportleidingen zijn van kunststof in verband met de agressiviteit van het mijnwater. Installatiedelen die direct in aanraking komen met het mijnwater zijn van RVS gemaakt. De warme backbone leiding is geïsoleerd. De koude- en retourleiding van de backbone zijn niet geïsoleerd.

De clusternetwerken zijn gesloten, geïsoleerde netwerken. Uitwisseling van warmte en koude met het mijnwater gebeurt middels warmtewisselaars. Door de clusternetten stroomt onthard drinkwater. Het leidingstelsel, maar ook installatie in het clusternetwerk zijn van staal.

Mijnwaterreservoir van bron naar buffer

Omdat alle lagen zowel ondiep als diep min of meer met elkaar in verbinding staan is de voorziening te beschouwen als één gesloten systeem, waarin het water rond stroomt.

Voor het deel onder de 500 meter waar dit winningsplan betrekking op heeft, wordt in bepaalde perioden in het jaar mijnwater onttrokken om warmte aan te onttrekken, afgewisseld met perioden waarin de pompen stilstaan of water wordt geretourneerd met een temperatuur (energie inhoud) vergelijkbaar met wat eerst onttrokken werd.

Uit de resultaten van het vooronderzoek uit 2002 blijkt, dat er in de hele Oranje Nassau concessie totaal in het ondergrondse mijn-“gebouw” bijna 11 miljoen m³ aan restructuurte gevuld met mijnwater aanwezig is. Dit water bevindt zich in de schachten, mijngangen en de gemijnde panelen. Uit modelberekeningen blijkt, dat van deze 11 miljoen m³ circa 0,9 miljoen m³ effectief als warm water (circa 28 °C) beschikbaar is in het diepte bereik van 500 tot 700 meter. Dit is een gevolg van de locatiekeuze van de putten. De putten staan in voormalige mijngangen (steengangen, galerijen), waar het water vrijelijk kan stromen. Het mijnwater in de ernaast gelegen en afgebouwde panelen doet slechts in beperkte mate (ca. 8%) mee aan deze stroming.

De bovengenoemde 0,9 miljoen m³ warm water heeft een bruikbare energie inhoud van ruim 30.000 GJ (26,4 m³/GJ). Hierbij is het deel met kouder water boven de 500 meter niet meegenomen en tevens is geen rekening gehouden met buffering van warm water. Dit laatste speelt echter bij de transformatie van het systeem naar Mijnwater 2.0 in 2012/2013 een belangrijke rol in het vergroten van de beschikbare capaciteit, nodig voor de toekomstige ontwikkeling van Mijnwater Heerlen.

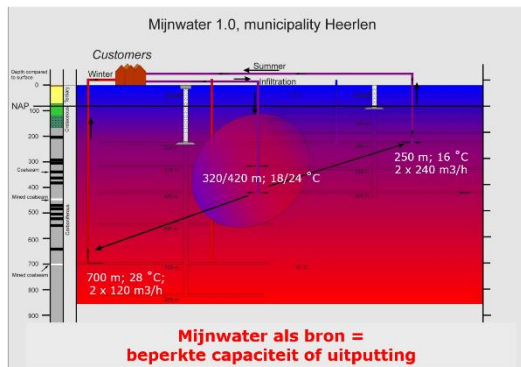
In Figuur 7 en 8 is de transformatie van het mijnwater reservoir van bron naar buffer weergegeven.

In de Mijnwater 1.0 situatie werd het mijnwater puur als geothermische bron ingezet. Al het gebruikte mijnwater werd geïnjecteerd in de gezamenlijke retourbron, zowel warm als koud. Bij warmtelevering wordt koud mijnwater geïnjecteerd, dat naar de warme bron terugstroomt en gaande weg door de geothermische capaciteit weer wordt opgewarmd. Voor koudelevering geldt het omgekeerde. Is de onttrekking groter dan de geothermische capaciteit dan koelt de warme bron af en warmt de koude bron op, hetgeen leidt tot uitputting van het reservoir.

In de nieuwe Mijnwater 2.0 situatie wordt het gebruikte mijnwater zodanig afgekoeld of opgewarmd dat de retourstroom een temperatuur heeft die gelijk aan of beter is dan de natuurlijke mijnwater temperatuur en wordt deze geïnjecteerd in het warme of koude deel van het mijnwaterreservoir (warm bij warm; koud bij koud). Hierdoor wordt het mijnwater reservoir actief geregenereerd, ontstaat er een warme en een koude bel, wordt uitputting voorkomen en kan de capaciteit van het mijnwaterreservoir belangrijk worden vergroot.

Mijnwater 1.0

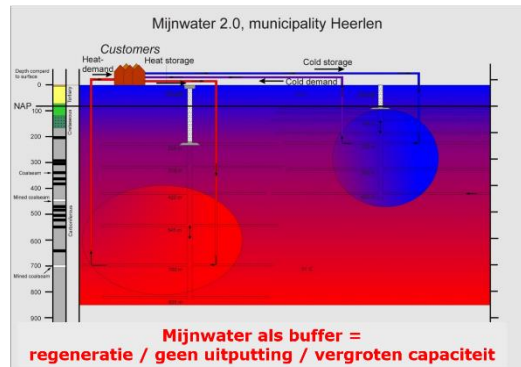
Mijnwater als bron



Figuur 7: Mijnwater als bron

Mijnwater 2.0

Mijnwater als buffer



Figuur 8: Mijnwater als buffer

Overzicht aangevraagde en verleende vergunningen

Het mijnwaterreservoir bevindt zich tussen circa 250 meter en 700 meter onder maaiveld. Ten aanzien van vergunningen wordt in Nederland een dieptegrens op 500 meter minus maaiveld gehanteerd. Boven deze grens geldt de Grondwaterwet met bevoegd gezag de provincie Limburg en onder de 500 meter de Mijnwet met bevoegd gezag de Rijksoverheid (ministerie EZK). In het geval van de mijnwater-energievoorziening heeft de aanvrager, de gemeente Heerlen, dus te maken met twee vergunningen en twee bevoegde instanties.

De gemeente Heerlen beschikt over de opsporingsvergunning voor mijnwater (kenmerk E/EP/5718982 van 25-11-2005) welke op grond van de art. 12 van de Mijnbouwwet voor een periode van 3 jaar gold. Als vervolg is op 2 september 2008 een aanvraag ingediend voor een winningsvergunning voor de exploitatie van het mijnwater. Op 12 oktober 2009 is deze vergunning door het Ministerie van Economische Zaken verleend. Hierbij krijgt de gemeente Heerlen het exclusieve recht om binnen de voormalige steenkoolconcessie van de Oranje Nassau het mijnwater als bron voor geothermische energie te gebruiken. Het betreffende gebied in de vergunning komt overeen met dat van de opsporingsvergunning.

De verleende vergunning op basis van de Mijnbouwwet heeft betrekking op de 2 boringen dieper dan 500 meter. Voor de winning en terugvoer van mijnwater boven de 500 meter (koud) is een vergunning in het kader van de Grondwater bij Provincie Limburg aangevraagd. Deze vergunning is op 20 augustus 2009 door de Provincie Limburg verleend.

In November 2013 zijn de activiteiten van de gemeente Heerlen met betrekking tot mijnwater ondergebracht in de Mijnwater B.V., waarvan de gemeente Heerlen toentertijd nog 100% eigenaar was. In September 2018 is de Mijnwater B.V. door de gemeente Heerlen verkocht aan het Limburgs Energie Fonds (LEF) van de Provincie Limburg.

De gemeente Heerlen is nog steeds vergunninghouder in het kader van de Mijnbouwwet. Mijnwater B.V. is in gesprek met EZK voor overname van de vergunning. Namens de gemeente Heerlen treedt Mijnwater B.V. op als vertegenwoordiger en operator van "Aardwarmte Heerlen". In 2018 is de vergunning in het kader van de Grondwaterwet overgegaan van de Gemeente Heerlen naar Mijnwater B.V..

Verantwoorde winning, veilig voor mens en milieu

In deze paragraaf kan de operator beschrijven hoe zij willen zorgdragen voor een verantwoorde winning. Dit kan door te verwijzen naar veiligheidsprotocollen, hoe de integriteit van de putten wordt gewaarborgd, etc..

Putintegriteit

Op 27 augustus 2018 heeft er een inspectie plaats gevonden door SodM in het kader van het project “Integriteit Onshore Putten”. De inspectie bestond uit een interview en een bezoek aan de mijnbouwlocatie Heerlerheide 1 met de put HLH-GT-01.

Mijnwater B.V. heeft op 15 Oktober 2018 middels een schrijven op de inspectiebrief van SodM geantwoord en de inspectie geïnformeerd over het plan van aanpak van Mijnwater B.V. ten aanzien van de putintegriteit.

Dit plan van aanpak is de basis voor de inrichting van een VG-systeem en Well Integrity Management Systeem (WIMS) aan de hand van de templates van DAGO, vooralsnog alleen voor de operationele fase. Daarmee is Mijnwater B.V. in staat de relevante verplichtingen in de Mijnbouwwetgeving en Arbowetgeving na te leven en SodM in staat te stellen op een systeem- en risico gerichte wijze toezicht te houden. De ontwikkeling van beide systemen is in oktober 2018 direct opgestart. Tevens is Mijnwater B.V. in oktober 2018 lid geworden van de brancheorganisatie DAGO. Hierdoor is een beter inzicht verkregen in de vereisten rondom de waarborging van de putintegriteit. Het streven is om het VG-systeem en WIMS medio mei 2019 operationeel te hebben. In afwachting van de implementatie zijn onderstaande maatregelen voorzien voor de borging van de putintegriteit:

- Opstellen van een eerste risicomatrix:
 - Een opsomming van potentiële risico's voor mens en milieu bij operatie van de geothermieputten;
 - Een opsomming van de (put-) elementen (conform PIOP) die kritisch zijn voor het beheersen van de gedefinieerde risico's;
 - Een omschrijving van en toelichting op de kans dat een of meerdere risico's kunnen optreden;
 - Onderhoud/beheersmaatregelen;
 - Bepaling van grenswaarden.

De risicomatrix is als Bijlage 1 toegevoegd. Hieronder volgt een nadere toelichting met betrekking tot de kans op een explosieve atmosfeer en verstikking door mijngas en CO₂:

- Mijngas (CH₄). Volgens een artikel in H2O van 1994 nr. 17 bevat 75% van het grondwater in Nederland met bestemming drinkwater een methaangehalte >0,1 mg/l (100 µg/l) oplopend tot >10 mg/l in de winningsgebieden van noordoost-Nederland (10.000 µg/l).
- In een ander artikel in H2O van 2007 nr. 19 wordt het gemiddelde methaangasgehalte in Nederland zelfs ingeschat op 12 mg/l (12.000 µg/l). De concentraties gemeten in de putten HLH-GT-01 en HLH-GT-02 bedragen 240 en 290 µg/l. Het methaangehalte van het mijnwater in Heerlen bevindt zich dus ver onder het gemiddelde voor grondwater. Dit geeft al aan dat de situatie niet erg risicovol is.
- Uitgaande van voorbeeld 2 in het H2O artikel van 1994 nr. 17 (pagina 502) kan een indicatie worden bepaald van het methaangehalte in de lucht, uitgaande van het methaangehalte in het water. In dit voorbeeld gaat men uit van zoet water van 10 °C, waarbij het volgende evenwicht ontstaat tussen het water en de lucht boven het water:
 - Lucht 1 µg/l => partiële gasdruk methaan 0,15 Pa
 - Water 0,04 µg/l
 - Verhouding lucht/water = 25

Als deze verhouding wordt vertaald met het gehalte methaan in het mijnwater tussen de 240 – 290 µg/l, dan bedraagt het gehalte methaan in de lucht 6.000 – 7.250 µg/l ofwel een partiele gasdruk van 900 – 1.100 Pa. Uitgaande van atmosferische druk (101.325 Pa) resulteert dit in een volume percentage methaan in de lucht van 1,1%. VITO heeft parallel een berekening gemaakt op basis van de gegevens van het NIST Chemistry WebBook voor mijnwater van 25 °C. Dat resulteert in een vergelijkbare dampdruk van 1.070 – 1.295 Pa ofwel 1,1 – 1,3%. Dit geldt bij een volledig gesloten bronput, het slechtst denkbare scenario. In de huidige situatie wordt de bronput door de deksels bewust niet hermetische afgesloten. Er is dus sprake van beluchting, waardoor het methaangehalte in de lucht in werkelijkheid lager zal zijn.

De explosiegrenzen van methaan bedragen LEL 4,4% en UEL 16%. Binnen deze grenzen kan er bij aanwezigheid van zuurstof en een ontstekingsbron een explosie optreden. Het theoretische gehalte in de bronput van maximaal 1,3% ligt dus ver onder de onderste explosiegrens (LEL) van 4,4%. Omgekeerd kun je zeggen dat het methaangas gehalte in het mijnwater een waarde van 3,4x de gemeten waarde niet mag overschrijden ofwel 1.000 µg/l bij een afgesloten bronput.

Periodieke meting van het methaangas in het mijnwater in combinatie met een beluchtingsopening op de bronput en een waarschuwbord lijken ons derhalve een afdoende maatregel om de kans op een mogelijke explosie te kunnen uitsluiten.

- Kooldioxide (CO₂): Er kunnen geringe hoeveelheden CO₂ vrijkomen. Deze zijn in het mijnwater opgelost. Middels een overdruk van 0,2 bar ofwel 2 meter waterkolom kan ontgassing worden voorkomen. Dat is mede de reden waarom de hele watercyclus op een overdruk wordt gehouden van minimaal 1,5 bar. In de atmosferische bronput kan het CO₂ in bovenlaag van het mijnwater geleidelijk aan vrijkomen. Dit is echter een zeer traag proces. Derhalve zijn de putten ook niet hermetisch afgesloten zodat het beperkte gas dat zich vormt zich niet kan ophopen. Nader onderzoek zal uitgevoerd worden naar de ontgassing van het CO₂ in het mijnwater om te bepalen of er daadwerkelijk sprake kan zijn van een risicovolle situatie. Aanvullende maatregelen om verstikking uit te sluiten zijn:

- Het aanbrengen van een beluchtingsopening op de deksels van de bronput, zodat zeker gesteld is dat zich geen CO₂ kan ophopen of overdruk kan ontstaan.
- Het plaatsen van een waarschuwbord op de deksels van de bronputten.
- Periodieke (halfjaarlijkse) bepaling van het CO₂-gehalte in het mijnwater
- Toepassen van detectie en meetapparatuur welke gangbaar is om te dienen als beschermingsmaatregelen voor het werken in besloten ruimten alsmede het werken met een buddysysteem bij werkzaamheden in de putkelders totdat uit nader onderzoek uitwijst dat CO₂, mede door ventilatie, zich in de putten niet kan ophopen tot boven de toelaatbare MAC-waarden.

- Uitvoeren van een logcampagne in het voorjaar van 2019 tijdens de eerst volgende putinterventie. Deze zal plaatsvinden tijdens de inspectie en revisie van de bronpomp van de geothermieput Heerlerheide 1 (HLH-GT-01) en Heerlerheide 2 (HLH-GT-02).
- Voor de langere termijn zal Mijnwater B.V. een inspectieschema opstellen, geïnspireerd op de ISO 16530-2 en de aanbevelingen vanuit de DAGO 'Recommended Practice' als onderdeel van het in ontwikkeling zijnde VG-systeem en WIMS. In essentie leiden de continue monitoring van onze productiewaarden, de halfjaarlijkse wateranalyses, de routinematige inspectierondes, aangevuld met regelmatig terugkerende logcampagnes, tot de opbouw van een trendanalyse, zodat wij binnen ons project proactief de eventuele afname van de wanddikte van de casing in kaart kunnen brengen en de putintegriteit te kunnen waarborgen.

- Opstellen van een notitie door VITO met betrekking tot de plaatselijke geologische en geohydrologische basis Mijnwater Heerlen om te bepalen of er risico's kunnen ontstaan bij falende putintegriteit. Enkele geohydrologische aspecten zijn reeds toegelicht in de hierboven genoemde en opgestelde risicomatrix. De notitie is als Bijlage 2 toegevoegd.
- Het vaststellen een contactpersoon conform artikel 4 van de winningsvergunning.
 - Contactpersoon bij Mijnwater B.V. in kader van artikel 4 van de winningsvergunning is de heer ir. René Verhoeven, werktuigbouwkundig en procestechnologisch ingenieur, afgestudeerd aan de RWTH Aken in 1993 en sinds 2012 werkzaam bij Mijnwater BV als clustermanager. De heer Verhoeven is de geestelijk vader van de Mijnwater 2.0 infrastructuur en staat als procestechnoloog tussen alle disciplines in. Hij geeft sturing aan het ontwerp en operatie van de mijnwater infrastructuur.
 - Voor de werkzaamheden aan putten wordt hij bijgestaan door ing. Hubert Blom, civiel technisch ingenieur, sinds het begin van het mijnwater project in 2002 betrokken. Hij heeft tevens ruime ervaring met leidingaanleg voor de olie- en gasindustrie en bijbehorende VG-procedures.
 - Voor de geofysische en geohydrologische aspecten wordt de heer Verhoeven bijgestaan door de experts van VITO, waaronder Dr. Ben Laenen, teamleider van de afdeling geohydrologie. VITO is al sinds start van het Mijnwaterproject in 2002 de adviseur voor de ondergrond van Mijnwater.

Nadelige gevolgen natuur

Natura 2000 gebied

In Figuur 9 is het dichtstbijzijnde Natura 2000 gebied weergegeven. De bron die op kortste afstand (460m) ligt tot dit gebied is HLN1. Het betreft een ondiepe bron (< 500m) die geen onderdeel uitmaakt van de Mbv. Toch is even verder gekeken. De volgende zaken kunnen worden benoemd:

- Habitattypen die voorkomen in het gebied zijn:
 - Ruigten en zomen (moerasspirea)
 - Kalkmoerassen
 - Buiken-eikenbossen met hultst
 - Eiken-haagbeukenbossen (heuvelland)
 - Vochtige alluviale bossen (beekbegeleidende bossen)
- Habitatsoorten die voorkomen in het gebied zijn:
 - Nauwe korfslak
 - Zeggekorfslak
 - Vliegend hert

Gezien de afstand (460m) vanaf de dichtstbijzijnde bron tot het gemarkeerde gebied zullen de risico's voor het gebied niet tot nauwelijks zijn. Verder valt op te merken dat de bron HLN1 op een industriegebied ligt vanuit het natuurgebied gezien achter de Ikea. Derhalve kan enige additionele invloed door de exploitatie van put HLN1 worden uitgesloten.

NNN gebied

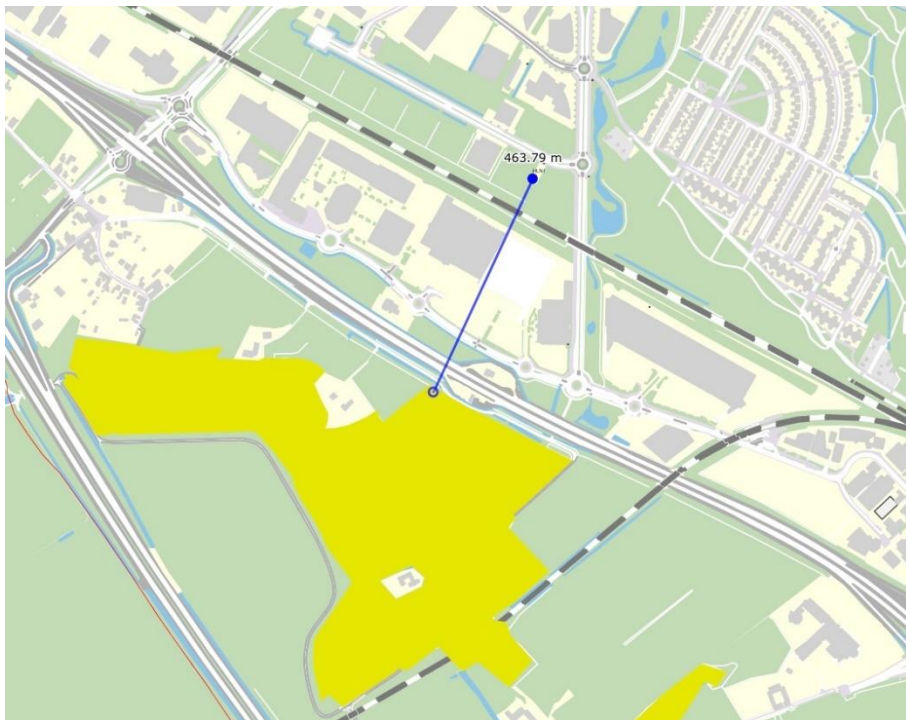
In Figuur 10 is de het dichtstbijzijnde Natuurnetwerk Nederland (lichtgroene markerings) gebied weergegeven. De bron die op kortste afstand (330 m) ligt tot dit gebied is HH1.

Een NNN gebied betekend het volgende:

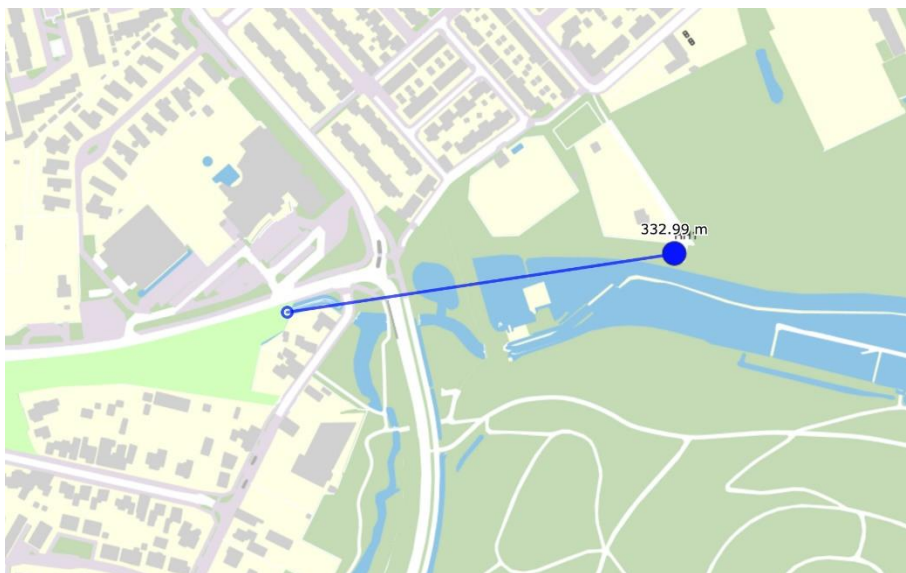
Het Natuurnetwerk Nederland (NNN) is een netwerk van bestaande en nieuw aan te leggen natuurgebieden en werd in 1990 als Ecologische Hoofdstructuur (EHS) geïntroduceerd in het Natuurbeleidsplan van het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV). Het doel van het NNN is de achteruitgang van het areaal aan natuur en van de biodiversiteit te stoppen door een samenhangend netwerk van natuurgebieden te creëren. Dit wordt gedaan

door natuurgebieden te vergroten en met elkaar te verbinden door verwerving, inrichting en beheer van aangrenzende en tussenliggende landbouwgronden.

Naar onze mening levert dit geen problemen daar de bron niet binnen het gebied valt en eventuele beperkingen alleen voor de gemarkeerde gebieden gelden.



Figuur 9: Dichtstbijzijnde Natura 2000 gebied Mijwater Heerlen bij HLN1 put



Figuur 10: Dichtstbijzijnde NNN gebied Mijwater Heerlen bij HH1 put

Natuurbeheerplan

Het dichtstbijzijnde gebied komt overeen met het Natura 2000 gebied. Daardoor geen aanvullingen op het bovenstaande. Onderstaande kaart (klik op natuurbeheerplan) is geraadpleegd:

<http://www.handvatnationaallandschap.nl/handvat-viewer/5>

Diverse

Er bevindt zich nabij de bronnen geen weidevogelgebied, akkerfaunagebied, ganzenfourageergebied, insectrijke graslanden, botanisch waardevol grasland of botanisch waardevol akkerland. Daardoor behoeft dit verder geen aandacht.

In algemene zin kan worden geconcludeerd dat de winning geen nadelige effecten op instandhoudingsdoelstellingen van de natuur heeft.

Procedure en Publiekscommunicatie

Het is wenselijk dat de vergunninghouder proactief publiekelijk uitleg geeft bij het plan, bijvoorbeeld in een avond aan omwonenden of via website en social media.

Dit heeft in 2008 en 2009 plaatsgevonden voorafgaand aan het indienen van de huidige winningsvergunning voor de exploitatie van het mijnwater, die op 12 oktober 2009 door het Ministerie van Economische Zaken is verleend. Bij nieuwe vergunningaanvragen of wijzigingen van het winningsplan zal Mijnwater B.V. proactief publiekelijk uitleg geven over het plan.

Locatie en beschrijving van het geothermisch systeem

Locatie van het geothermisch systeem

De installaties van Mijnwater BV zijn gelegen binnen winningsvergunning HEERLEN. De winningsvergunning bestrijkt een oppervlakte van 40.9 km² en strekt zich uit over gemeentes Heerlen, Landgraaf en Kerkrade (Figuur 11). De coördinaten van het concessiegebied zijn weergegeven in Tabel 14.

punt	X (m RD)	Y (m RD)
0	194795	321505
1	193885	322970
2	192610	324970
3	195645	326990
4	200355	323965
5	200695	322565
6	201250	321855
7	198110	320070
8	199105	318220
9	198720	316880
10	197650	317405

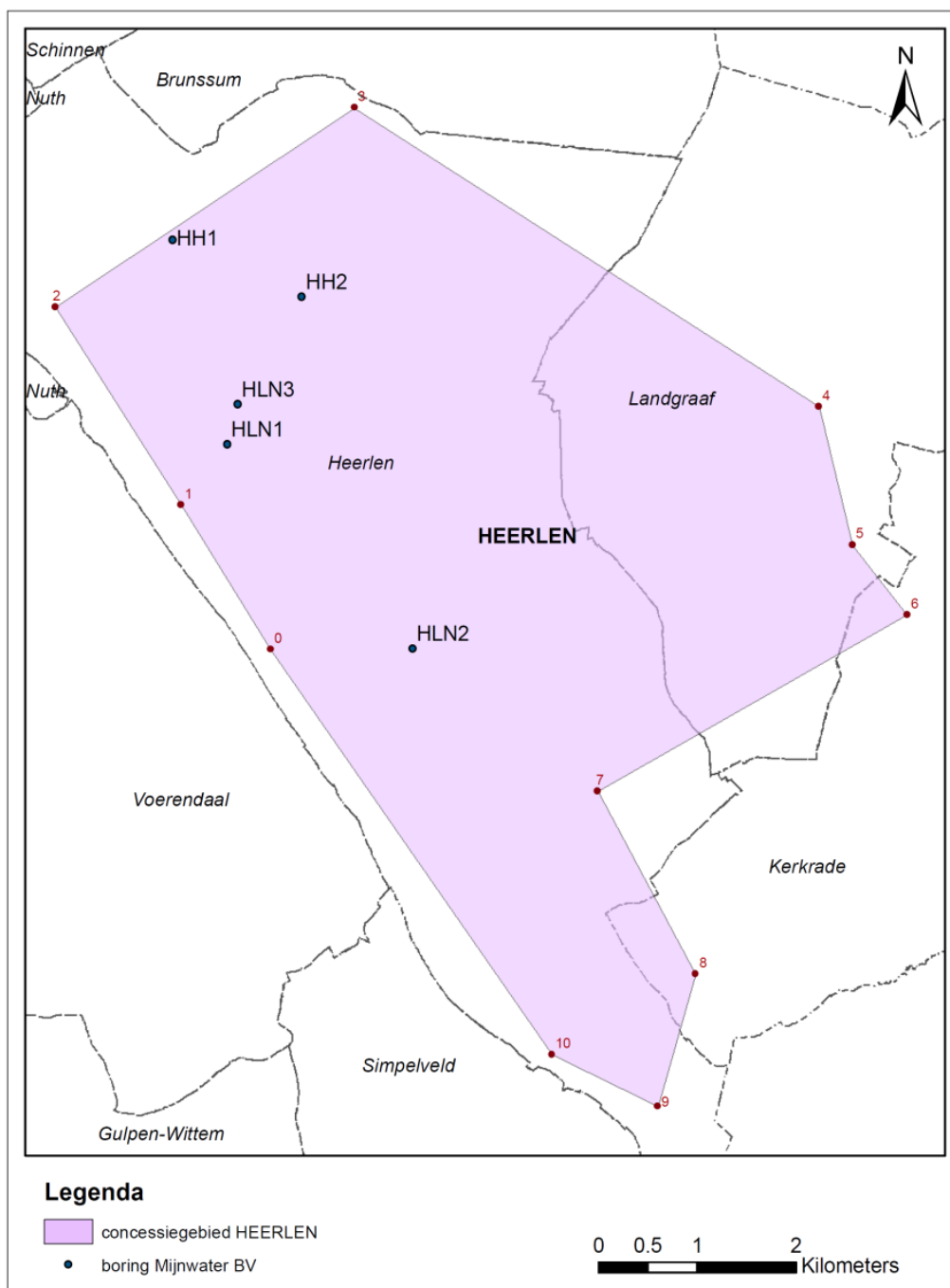
Tabel 14: Coördinaten van de HEERLEN concessie (X,Y zijn weergegeven in Rijks Driehoekstelsel)

De winningsvergunning is van kracht sinds 13 oktober 2009. Het bijhorende winningsplan dateert van 5 november 2009.

Mijnwater BV benut de aardwarmte via vijf winnings- en injectieputten. De ligging van de vijf putten is weergegeven in Tabel 15. De kadastrale ligging van de vijf putten is als Bijlage 3 toegevoegd.

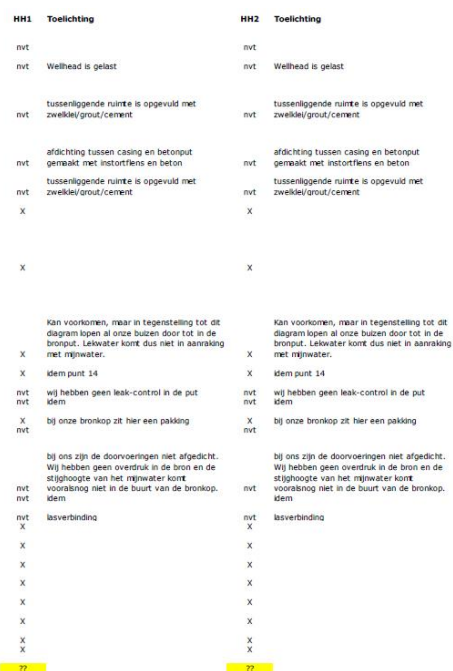
boring	code NLog	X (m RD)	Y (m RD)	Z (m NAP)
HLN3	-	194464	323984	89,5
HLN2	-	196238	321511	109,0
HLN1	-	194359	323580	93,0
HH2	HLH-GT-02	195114	325073	92,5
HH1	HLH-GT-01	193805	325649	79,6

Tabel 15: Coördinaten van de vijf productie- en injectieputten van Mijnwater BV.



Figuur 11: Locatie geothermisch systeem.

In Figuur 12 is de opbouw van de putten HH1 en HH2 weergegeven aan de hand van het PIOP putdiagram. Daarbij is per element een toelichting gegeven.



Een beter leesbare versie is als onderdeel van de risicomatrix in Bijlage 2 toegevoegd. In de figuren 13 en 14 is de opbouw van de bronkop middels foto's weergegeven van de putten HH1 en HH2.



Pagina 26 van 76



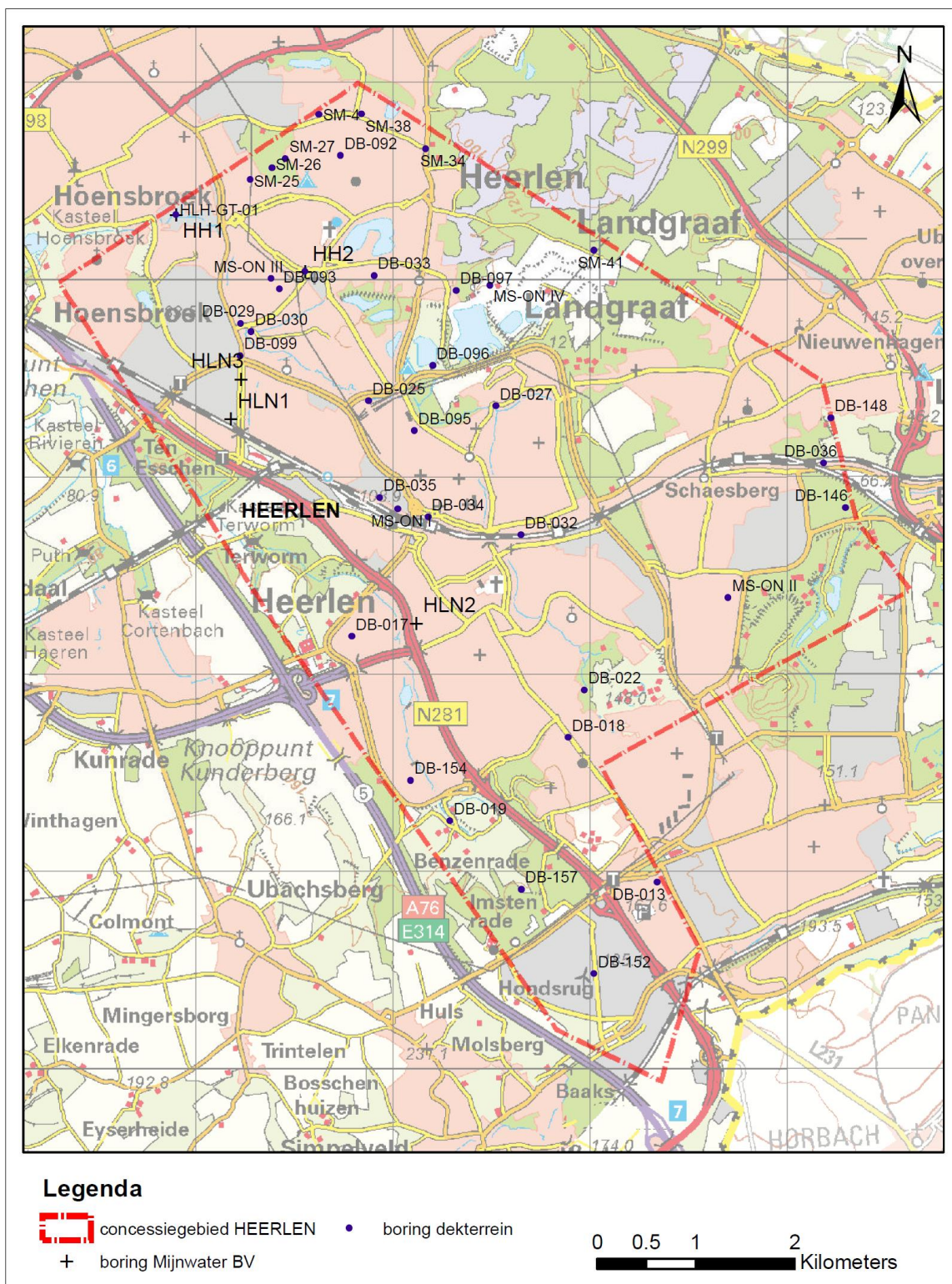
Figuur 14: Foto mijnbouwlocatie put HH2 (HLH-GT-02)

Beschikbare en gebruikte putten en seismische data

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

Keuze van de referentieputten en putinformatie

De evaluatie van de ondergrond is gebaseerd op de vijf boringen van Mijnwater BV en de mijnkaarten van de voormalige ON mijnen. Voor de evaluatie het geologische en hydrogeologische kader van de winning werd bovendien gebruik gemaakt van een reeks ondiepe boringen en van metingen uitgevoerd op de ON I schacht (Figuur 15).



Figuur 15: Gebruikte gegevens: locatie van gebruikte putten.

Seismische gegevens

Er werden geen seismische gegevens gebruikt voor het inschatten van het geothermische potentieel van de ON-mijnen.

Kaarten en andere gegevens

Het model van de het mijnwaterreservoir en een model voor de temperatuurverdeling in het reservoir worden beschreven in van Tongeren en Daneels (2002). De modellen zijn gebaseerd op volgende bronnen:

- De mijnkaarten van de ON-mijnen;
- Archief van de ON mijnen;
- Felder, W. M. & Bosch, P. W. 1984. Geologische kaart van zuid Limburg en omgeving, Pré-Kwartair. Rijks Geologische Dienst, Nederland;
- De Braaf, W. & Maas, W. 1952. "Temperature gradient in the South-Limburg coal field (the Netherlands)". Geologie en Mijnbouw, vol. 14, pp.54-57;
- Geologisch en Mijnbouwkundig Genootschap, Nederland. Patijn, R. J. H. & Kimpe, W. F. M. 1961. "De kaart van het Carboonoppervlak, de profielen en de kaart van het dekterrein van het zuid-Limburgs mijngebied en de staatsmijn Beatrix met omgeving". Mededelingen Geologische Stichting, serie C, I – 1 - No. 4. Geologisch Bureau voor het Mijng gebied (Heerlen) Rijks Geologische Dienst (Haarlem), Nederland.

Bijkomende informatie over de geologische en hydrogeologische opbouw van het concessiegebied en de karakteristieken van mijnwaterreservoir wordt gegeven in de studie Geologische en Hydrogeologische Basis van het Mijnwaterproject in Heerlen (Zie Bijlage 2).

Coördinaatsysteem

Het gebruikte projectiesysteem is het Rijks Driehoekstelsel.

Beschrijving van de putten

Tabel 16 geeft een overzicht van de administratieve informatie gegevens voor de twee diepe bronnen HH1 en HH2.

Putnaam	HH1 (HLH-GT-01)	HH2 (HLH-GT-02)
Type put	Injectie en productie	Injectie en productie
Spuddatum	2 maart 2006	18 maart 2006
Compleetie datum	31 mei 2006	2 juni 2006
X (m RD) oppervlaktelocatie	193805	195114
Y (m RD) oppervlaktelocatie	325649	325073
X (m RD) einddiepte	193804	195114
Y (m RD) einddiepte	325650	325073
Einddiepte (m AH)	692,2	695.5
Eind diepte (m TVD)	692,2	695.5
Eind diepte (m NAP)	-614,2	-601.6

Tabel 16: Algemene put informatie diepe bronnen HH1 en HH2

Tabel 17 geeft een overzicht van de administratieve informatie gegevens voor de drie ondiepe bronnen HLN1, HLN2 en HLN3.

Putnaam	HLN1	HLN2	HLN3
Type put	Injectie en productie	Injectie en productie	Injectie en productie
Spuddatum	21 september 2007	8 augustus 2007	25 augustus 2007
Compleetie datum	26 oktober 2007	27 oktober 2007	29 oktober 2007
X (m RD) oppervlaktelocatie	194359	196238	194464
Y (m RD) oppervlaktelocatie	323579	321511	323984
X (m RD) einddiepte	194359	196238	194464
Y (m RD) einddiepte	323579	321511	323984
Einddiepte (m AH)	229.8	249	412.5
Eind diepte (m TVD)	229.8	249	412.5
Eind diepte (m NAP)	-136.8	-140	-323

Tabel 17: Algemene put informatie ondiepe koude (HLN1 en HLN2) bronnen en intermediaire bron (HLN3)

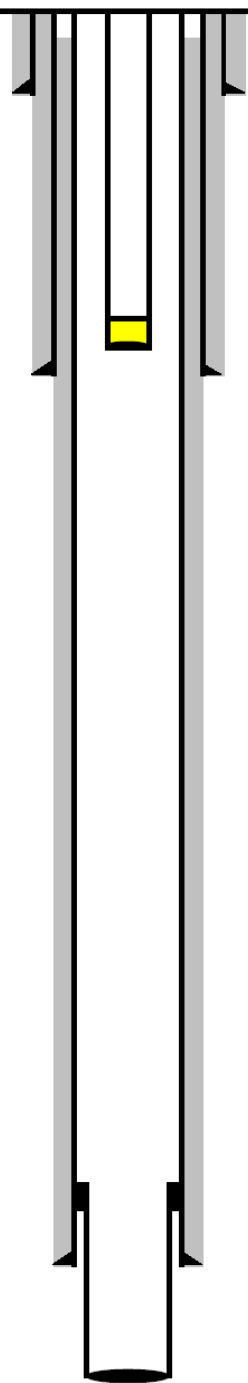
In de Tabellen 18 en 19 en de putschema's in de figuren 16 en 17 zijn de putten HH1 respectievelijk HH2 beschreven.

Casing	Hole	Casing	ID	Top MD	Shoe MD	Top TVD	Shoe MD	Grade	Weight	Roughness
unit	inch	inch	mm	m	m	m	m		ppf	mm
conductor	23	18 5/8	446.21	1.45	30.2	1.45	30.2	K55	87.5	0.15
casing 1	17 1/2	13 3/8	316.46	1.1	175	1.1	175	K55	54.5	0.15
casing 2	12 1/4	9 5/8	212.83	0.9	644	0.9	644	K55	53.5	0.15
liner	8 3/8	7	152.4	610.8	690.3	610.8	690.3	K55	29	0.15
slotted	8 3/8	7	152.4	690.3	692.2	690.3	692.2	K22	29	0.15

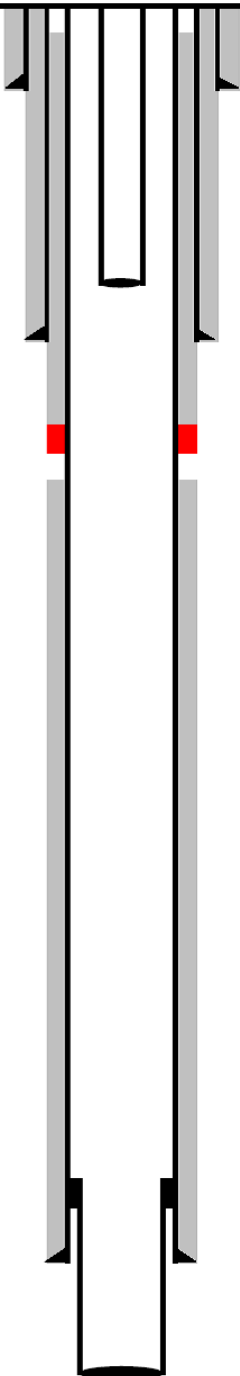
Tabel 18: Casing opbouw HH1

Casing	Hole	Casing	ID	Top MD	Shoe MD	Top TVD	Shoe MD	Grade	Weight	Roughness
unit	inch	inch	mm	m	m	m	m		ppf	mm
conductor	23	18 5/8	446.21	1.42	30	1.42	30	K55	87.5	0.15
casing 1	17 1/2	13 3/8	316.46	1.15	160.3	1.15	160.3	K55	54.5	0.15
casing 2	12 1/4	9 5/8	212.83	0.62	653.2	0.62	653.2	K55	53.5	0.15
liner	8 3/8	7	152.4	619.85	690.8	619.85	690.8	K55	29	0.15
slotted	8 3/8	7	152.4	690.8	695	690.8	695	K55	29	0.15

Tabel 19: Casing opbouw HH2

Nr.	Well Heerlerheide #1		Wellhead & Xmastree	Depth	Depth	Hole ID	OD casing	Collar OD	Pipe ID
	Date: July 27th, 2006								
	Well Status: to be suspended			m	m	in	mm	mm	mm
	Item Description:			tvd	ah				Drift
1	TOC 9 5/8" casing 18 5/8" conductor			6 30.2	6 30.2	23	473.1	welded	446.21
	Minewater level after pumptests			78.6	78.6				
2	Top Carboniferous 4 1/2" Tubing & ESP			143 150	143 150		114.3	120.65	104.78
3	13 3/8" casing 54.5 ppf K55			175	175	17.5	339.7	365.1	316.46
	Mined Coal Seam I			442	442				
4	7" Liner hanger			610.8	610.8				
5	9 5/8 casing 53.5 ppf K55			644	644	12.25	244.5	269.9	212.83
6	Gallery roof 7" 29 ppf slotted liner Gallery floor TD			688.7 690.3 691.2 692.2	688.7 690.3 691.2 692.2	8.5	177.8	194.5	152.4

Figuur 16: Well diagram HH1

Nr.	Well Heerlerheide #2		Bottom Flange & Wellhead	Depth	Depth	Hole ID	OD casing	Collar OD	Pipe ID
	Date: July 27th, 2006								
	Well Status: to be suspended			m	m	in	mm	mm	mm
	Item Description:			tvd	ah				Drift
1	2nd stage TOC 9 5/8" casing 18 5/8" conductor			13 30	13 30	23	473.1	welded	446.21
	Minewater level after pumptests			94.4	94.4				
2	5 1/2" Tubing Top Carboniferous			130 142	130 142		139.7	153.7	125.7
3	13 3/8" casing 54.5 ppf K55			160.3	160.3	17.5	339.7	365.1	316.46
4	Post Tool (packer)			230	230				
	1st stage TOC 9 5/8" casing Mined Coal Seam C			250 247	250 247				
	Mined Coal Seam B			299	299				
	Mined Coal Seam I			374	374				
	Probable Mined Coal Seam IV			423.5	423.5				
5	7" Liner hanger			619.9	619.9				
6	9 5/8 casing 53.5 ppf K55			653.2	653.2	12.25	244.5	269.9	212.83
7	Drift roof			690.8	690.8	8.5	177.8	194.5	152.4
	Drift floor		694.5	694.5					
	7" 29 ppf slotted liner		695	695					
	TD		695.5	695.5					

Figuur 17: Well diagram HH2

Voor meer informatie van de putten HH1 en HH2 wordt verwezen naar het End of Well report van beide boringen (zie Bijlage 4).

Karakteristieken van het mijnwaterreservoir

Opbouw en omvang van het reservoir

De ondergrondse werken van de ON mijnen bevinden zich binnen de steenkoolhoudende gesteenten van de Limburg Groep, meer bepaald binnen de Caumer Subgroep. De Caumer Subgroep bestaat uit een ritmische afwisseling siltsteen, kleisteen, steenkool en zandsteen. In niet geroerde toestand worden deze gesteenten als weinig of niet doorlaatbaar aanzien.

De mijngangen en ontgonnen zones evenals het verbrokkelde randgesteente fungeren als een door de mens gemaakt aquifersysteem dat in principe afgescheiden van de boven- en onderliggende liggende grondwatersystemen door het ongeroerde gesteente van de Limburg Groep. Tussen het basisvlak van het dekterrein en de steenkoolontginning werd immers een veiligheidszone voorzien om onder andere instorten van mijngangen en afbouwzones en waterdoorbraken te voorkomen tijdens het mijnen. In werkelijkheid is er vanuit de bovenliggende grondwatersystemen langs spleten en breuken in het topvlak van de Carboon gesteenten en op plaatsen waar de veiligheidszone niet gerespecteerd werd contact mogelijk met het mijnwaterreservoir mogelijk (van Tongeren en Daneels, 2002; Matthijs et al, 2019, toegevoegd als Bijlage 2).

De voormalige mijnactiviteiten hebben geresulteerd in een uitgebreid ondergronds netwerk van relatief open mijngangen op verschillende diepteniveaus met daartussen de samengeperste zones van de ingestorte of opgevulde ontginningspanelen van de voormalige steenkoolafbouw. Deze afgebouwde zones staan altijd met één of meerdere van deze steengangen in verbinding. Zodoende vormt dit geheel een stelsel van vele doorstroomkanalen met bijbehorende zones van residuele porositeit. Deze residuele porositeit kan aanzienlijk hoger zijn dan de oorspronkelijke (intrinsieke), zeer geringe porositeit van het gesteente. Door menselijke mijnactiviteiten is er zo een ondergronds reservoir geschapen met plaatselijk sterk verhoogde doorlaatbaarheden binnen een oorspronkelijk nagenoeg impermeabel gesteente (van Tongeren en Daneels, 2002).

Uit de resultaten van het vooronderzoek blijkt, dat er in de hele Oranje Nassau concessie totaal in het ondergrondse mijngebouw bijna 11 miljoen m³ aan restruimte aanwezig is (van Tongeren en Daneels, 2002) (Tabel 140). Met uitzondering van de minst diepe afbouwzones in het zuiden van de ON I en II mijnen alle schachten, mijngangen, galerijen en de gemijnde panelen einde 2018 volgelopen met mijnwater (Matthijs, 2019, toegevoegd als Bijlage 2). Dit resulteert in een mijnwatervolume van ruim 10 miljoen m³ (Tabel 20).

Mijn	Gang	panneel	totaal
ON II	630.000 m ³	2.400.000 m ³	3.000.000 m ³
ON I,III,IV	1.600.000 m ³	6.200.000 m ³	7.800.000 m ³
ON totaal	2.200.000 m ³	8.600.000 m ³	10.800.000 m ³

Tabel 20: Geraamde totale hoeveelheden aanwezig mijnwater (van Tongeren en Daneels, 2002)

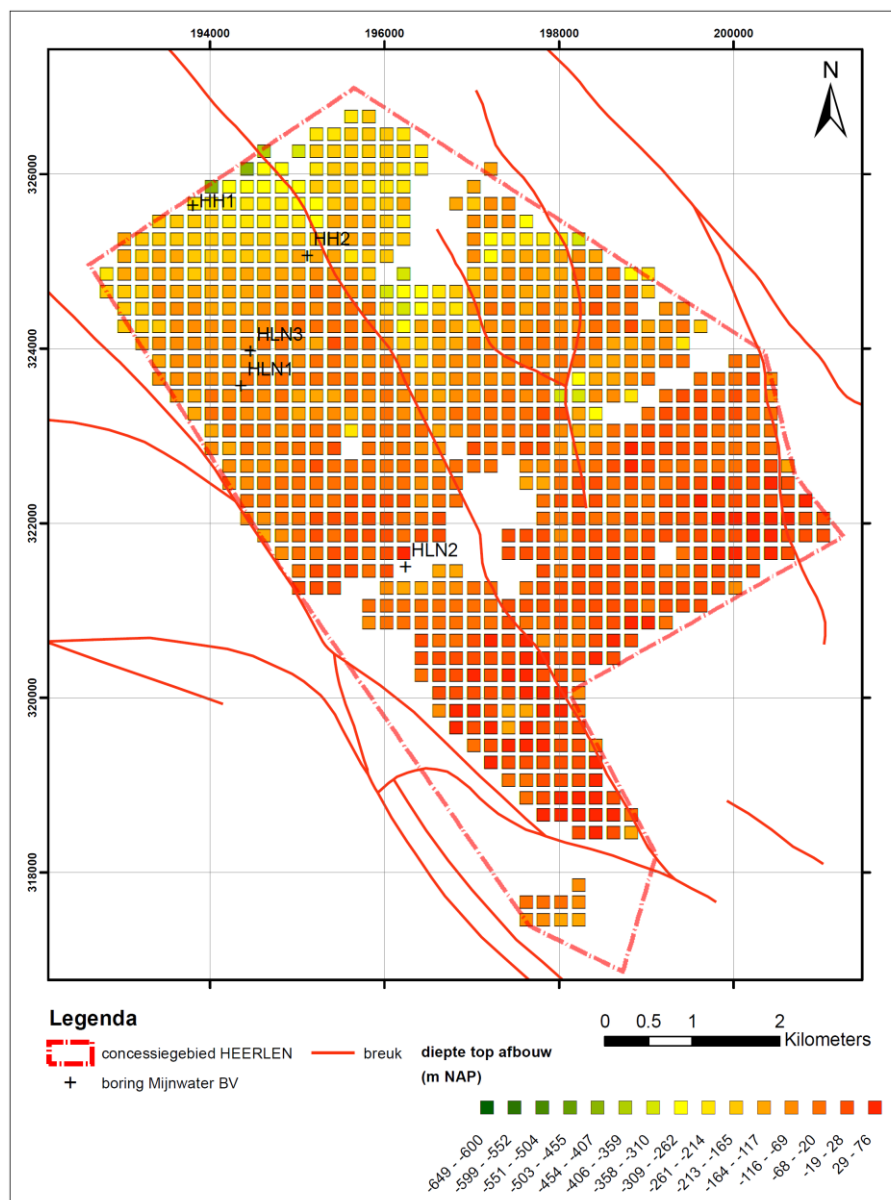
Uit modelberekeningen blijkt, dat van deze 10 miljoen m³ circa 0,9 miljoen m³ effectief als warm water (circa 30°C) beschikbaar is in het diepte bereik: 500 tot 700 meter. Dit is een gevolg van de plaats keuze van putten HH1 en HH2.

De putten staan in voormalige mijngangen (steengangen, galerijen) in het diepste deel van de ON III mijn. De productie of injectie vindt de stroming voornamelijk plaats in de mijngangen die aansluiten op de putten (Zie Bijlage 2). Het mijnwater in de ernaast gelegen en afgebouwde panelen doet slechts in beperkte mate mee aan de stroming. De hydraulische geleidbaarheid van de mijngangen is immers vele malen groter dan die van afbouwzones, van het gekraakte gesteente rond de ontginningswerken en van het oorspronkelijke gesteente. De open mijngangen hebben een hydraulische diameter in de orde van grootte van 10.000 mm. De hydraulische diameter van de restholtes in de afbouwzones wordt geschat op 100 – 10 mm. Die van het gekraakte gesteente op 10

– 0,1 mm. De stroming in het reservoir kan daarom het best te benaderd worden met een “open pipe flow” model doorheen de mijngangen (Ferket et al., 2011).

Diepte van het reservoir

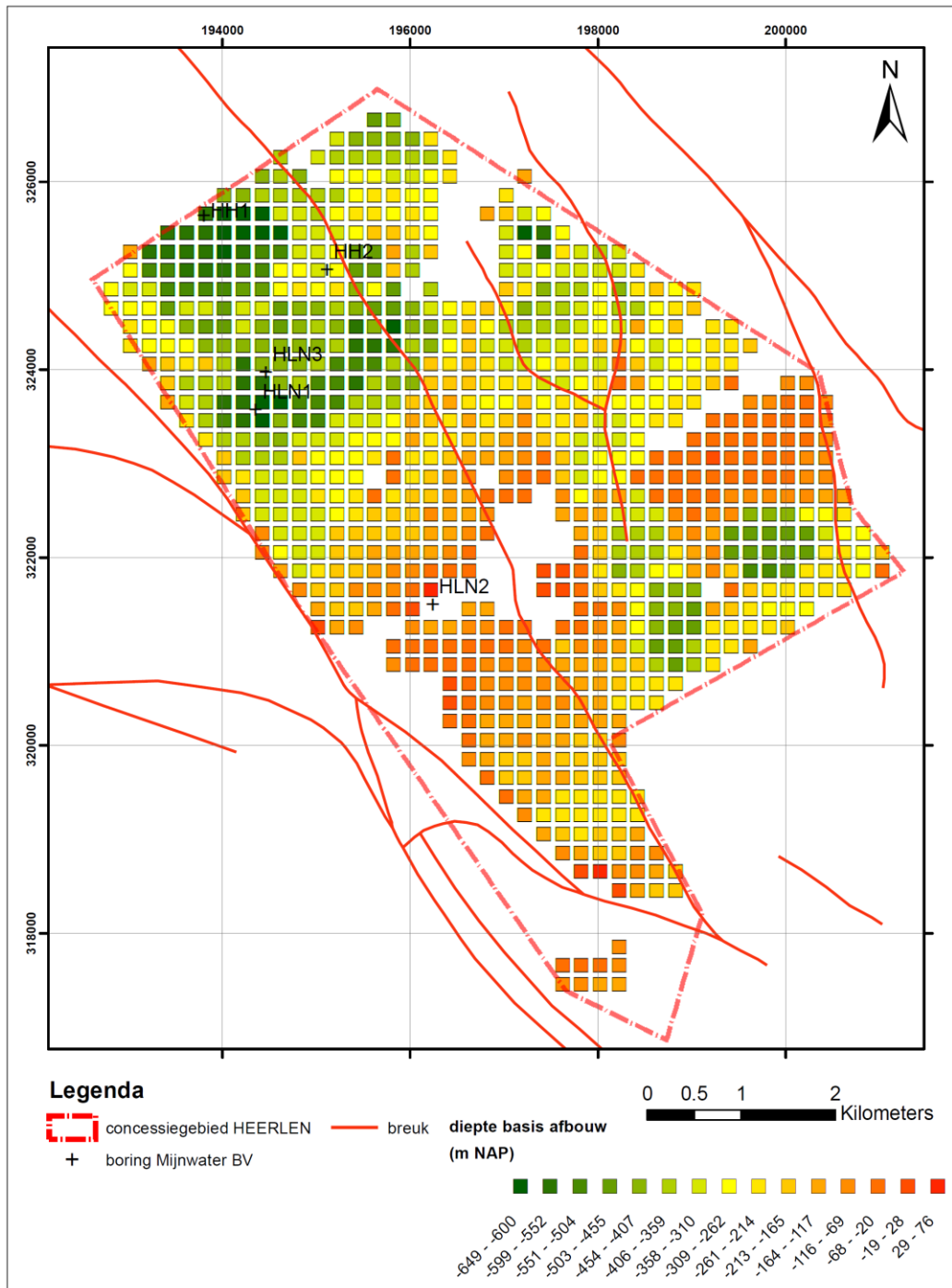
In het zuidoosten van het concessiegebied ligt het topvlak van de Caumer Subgroep op ongeveer 50 m NAP, in het noordwesten op ongeveer -200 m NAP. De diepte waarop het basisvlak van de Caumer Subgroep in het concessiegebied voorkomt wordt geschat op -150 m NAP in het zuiden en -750 m NAP in het noorden. De Caumer Subgroep wordt gewoonlijk bedekt door sedimenten van de Krijt Groep, behalve in het oosten van het onderzochte gebied (Landgraaf en Kerkrade) waar deze laatste ontbreken en de Caumer Subgroep bedekt wordt door sedimenten van de Midden Noord Zee Groep. Voor een uitgebreide bespreking van de geologie van het concessiegebied wordt verwezen naar Matthijs et al. (2019) (zie Bijlage 2).



Figuur 18: Diepte van de minst diepe afbouwzone (m NAP)

De afbouw situeert zich in het dieptebereik van 75 – tot -650 NAP. De top van de afbouwzone duikt geleidelijk van zuidoost naar noordwest (Figuur 18). In het zuiden van de ON I en in de ON II ligt de top gemiddeld tussen 25 en -50 m NAP. In het noordwesten van de ON III ligt de top rond -200 m

NAP of dieper. De basis van de afbouwzone vertoont een gelijkaardig verloop; in het zuidwesten ligt ze tussen gemiddeld tussen -150 en -250 m NAP. In het noordoosten tussen -550 en -650 m NAP (Figuur 19). Met uitzondering van de oppervlakeschachten bedraagt de diepte van alle mijngangen en opbraken tussen -612 en 56 m NAP.

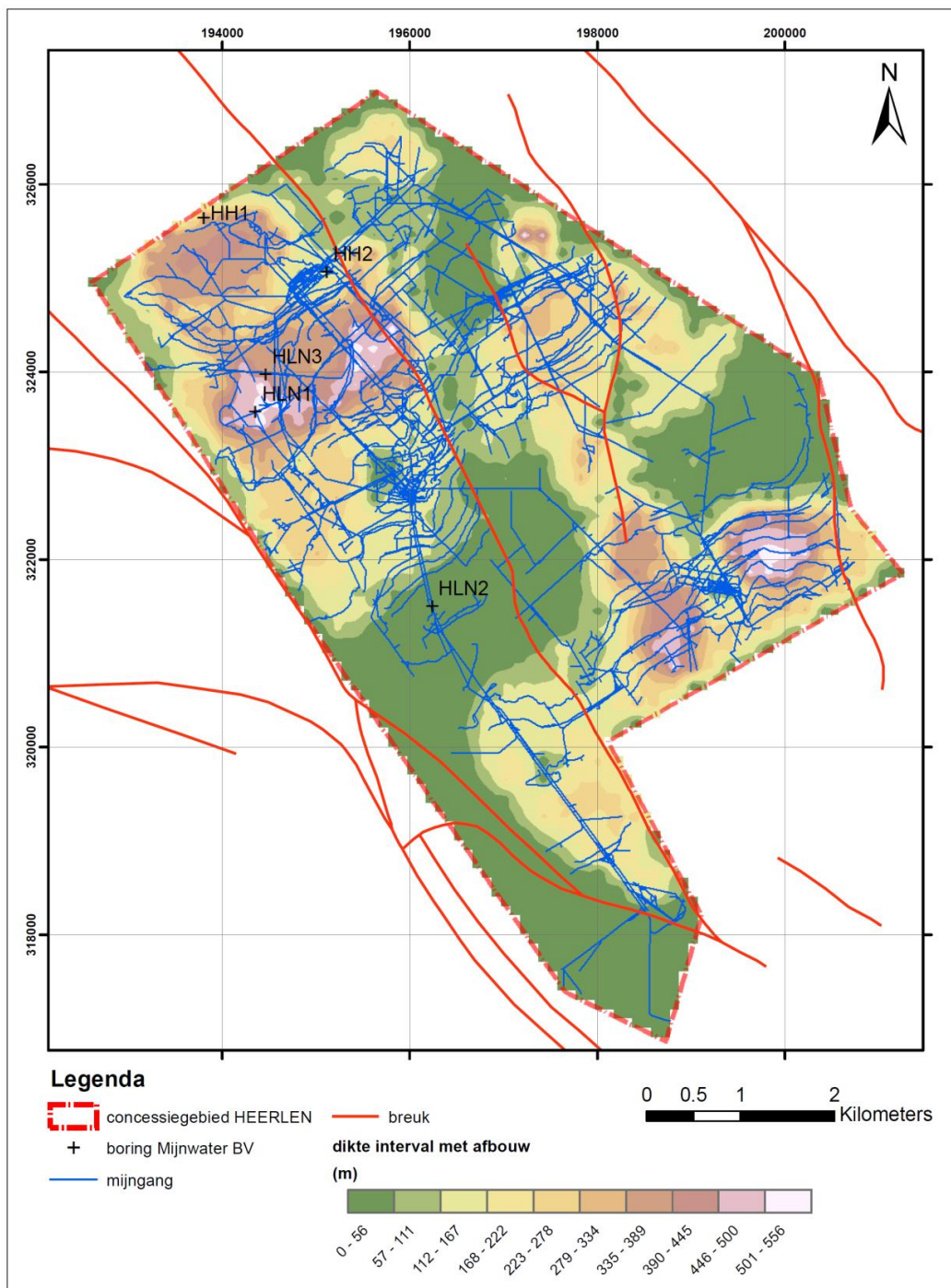


Figuur 19: Diepte van de diepste afbouwzone (NAP)

Dikte van het reservoir

De dikte van het stratigrafische interval waarbinnen de afbouw heeft plaatsgevonden en het aantal steenkoolagen dat gemijnd werd varieert sterk doorheen het concessiegebied (Figuur 20). Op plaatsen waar intens gemijnd werd loopt de dikte tussen de minst diepe en het diepste gemijnde

paneel op tot 550 m. Op veel andere plaatsen binnen het concessiegebied is het stratigrafische interval beperkt tot minder dan 50 m. Daarnaast komen in het gebied 380 km aan mijngangen voor. Elke afbouwzone is verbonden met één of meer van deze gangen.

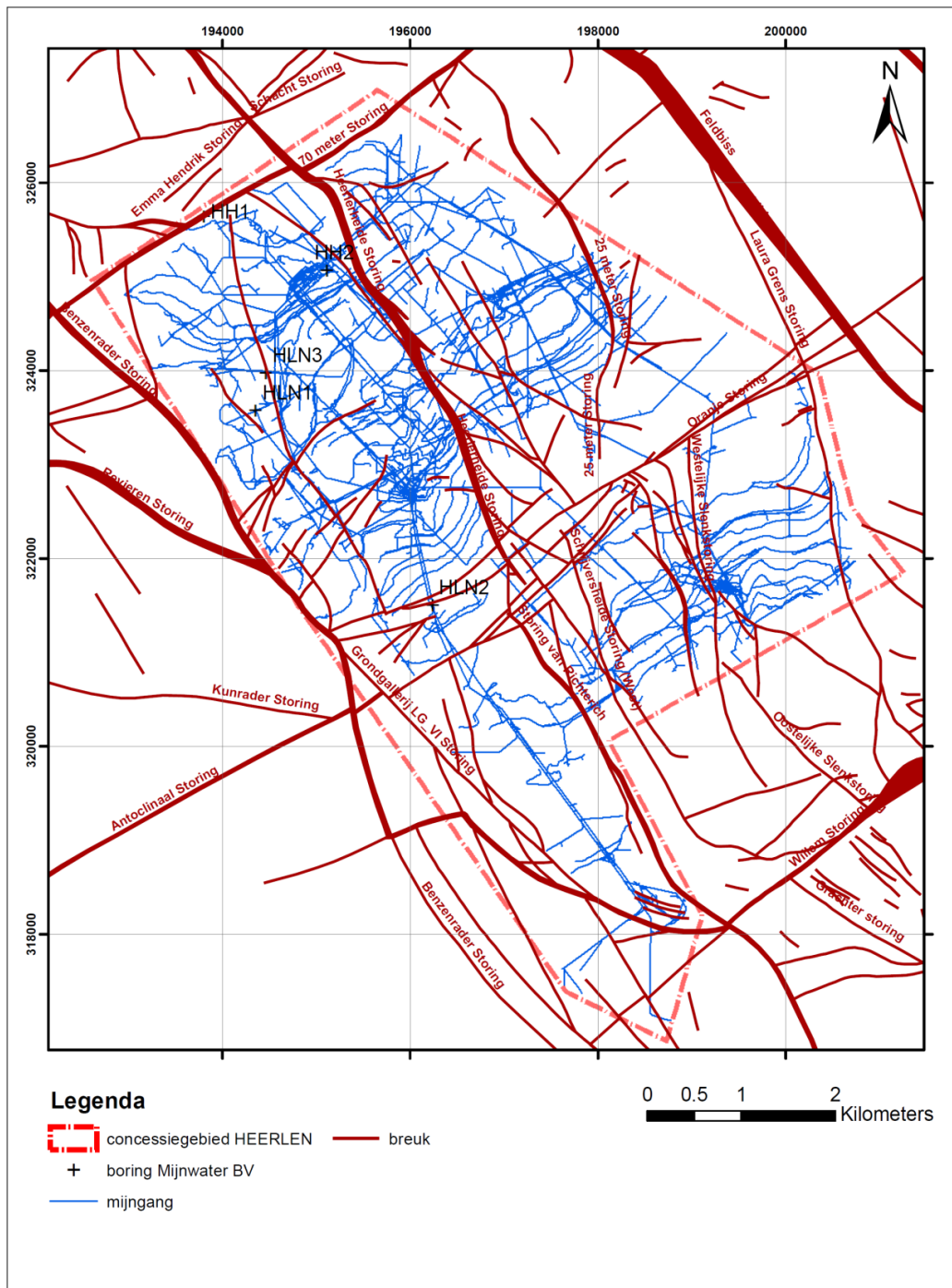


Figuur 20: Dikte van het stratigrafische interval tussen de minst diepe en de diepste afbouwzone en ligging van de steengangen.

Boven en onder het gemijnde interval komt een zone voor waarbinnen de afzettingen van de Caumer Subgroep in meer of mindere mate gekraakt zijn. Op basis van waarnemingen in de Zuid-Limburgse mijnen concludeert Stuffken (1953) dat de gekraakte zone zich tot 120 m boven en 60 m onder de gemijnde panelen uitstrekt. Dit alles resulteert in een complex artificieel reservoir dat lokaal 730 m dik is.

Structurele kader

De geologische en structurele opbouw van de Caumer Subgroep (Limburg Groep) en het structurele kader van de exploitatie van het mijnwaterreservoir binnen concessie Heerlen wordt besproken in Matthijs et al. (2019), toegevoegd als Bijlage 2.



Figuur 21: Breukenkaart voor de top van de Caumer Subgroep (Limburg Groep) met weergave van de vijf putten van Mijnwater BV en de mijngangen.

De geologische opbouw binnen het concessiegebied wordt in eerste instantie bepaald door de aanwezigheid van NO-ZW georiënteerde open plooien en een reeks NO-ZW georiënteerde overschuivingen, op- en afschuivingen (Figuur 21). De belangrijkste plooien zijn de Antiklinaal van Puth, gelegen ten noorden van het concessiegebied, en de Antiklinaal van Waubach, die binnen het concessiegebied voorkomt. Tussen beide antiklinalen ligt de brede Synklineaal van Heerlen-Brunssum. De

Antiklinalen van Puth en Waubach en de Synkлинаaal van Heerlen-Brunssum duiken in noordoostelijke richting. Van het zuiden naar het noorden zijn de belangrijkste breuken de Willem Storing gelegen ter hoogte van Kerkrade, de Antiklinaal Storing en de Oranje Storing, beide gelegen ter hoogte van Heerlen, en de 70 Meter Storing gelegen ter hoogte van Heerlerheide.

De Willem Storing is een opschuivingsbreuk naar het noordwesten met een maximaal breukbedrag van ongeveer 400 m binnen de Limburg Groep. Volgens de geologische kaart van de Rijks Geologische Dienst op schaal 1/50.000 (1977) is de Antiklinaal Storing eveneens een opschuivingsbreuk naar het noordwesten. Volgens de overzichtskaart van het Carboon-oppervlak van het Limburgs Mijng gebied door Patijn (1961) zou de Antiklinaal Storing een afschuivingsbreuk naar het noordwesten zijn. De Oranje Storing is een afschuivingsbreuk naar het zuidoosten met een maximaal breukbedrag van ongeveer 200 m binnen de Limburg Groep. De Antiklinaal Storing en Oranje Storing liggen ongeveer in elkaars verlengde in de as van de Waubach Antiklinaal. Binnen het concessiegebied is de 70 Meter Storing een opschuivingsbreuk naar het zuidoosten met een maximaal breukbedrag van ongeveer 110 m binnen de Limburg Groep. Ten westen van het concessiegebied is de 70 Meter Storing een opschuivingsbreuk naar het noordwesten. Deze storing ligt ongeveer in de as van de Synkлинаaal van Heerlen-Brunssum.

Temperatuurverdeling

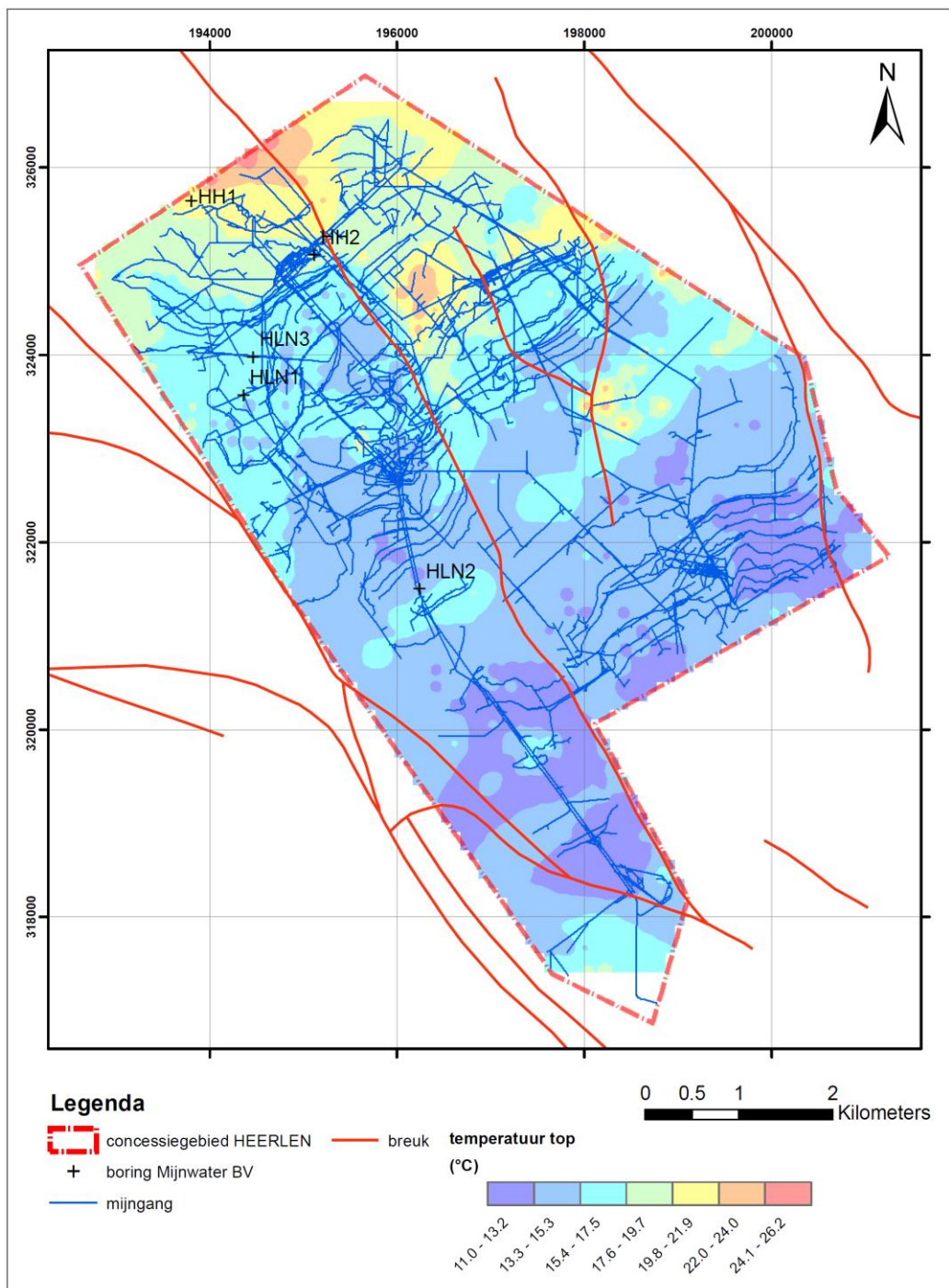
De temperatuurverdeling in de Limburg Groep in het algemeen en in het mijnwaterreservoir gevormd door de ON mijnen wordt besproken in van Tongeren en Daneels (2002). Op basis van temperatuurgradiënten gemeten in de Zuid-Limburg en temperatuurmetingen in de mijnen werden de volgende waarden bepaald voor het berekenen van de temperatuurverdeling in de ondergrondse werken:

- Gemiddelde oppervlakte temperatuur: 11,0°C;
- Gemiddelde geothermische gradiënt voor het dekterrein: 3,0°C/100 m;
- Gemiddelde geothermische gradiënt voor de Limburg Groep: 3,1°C/100 m.

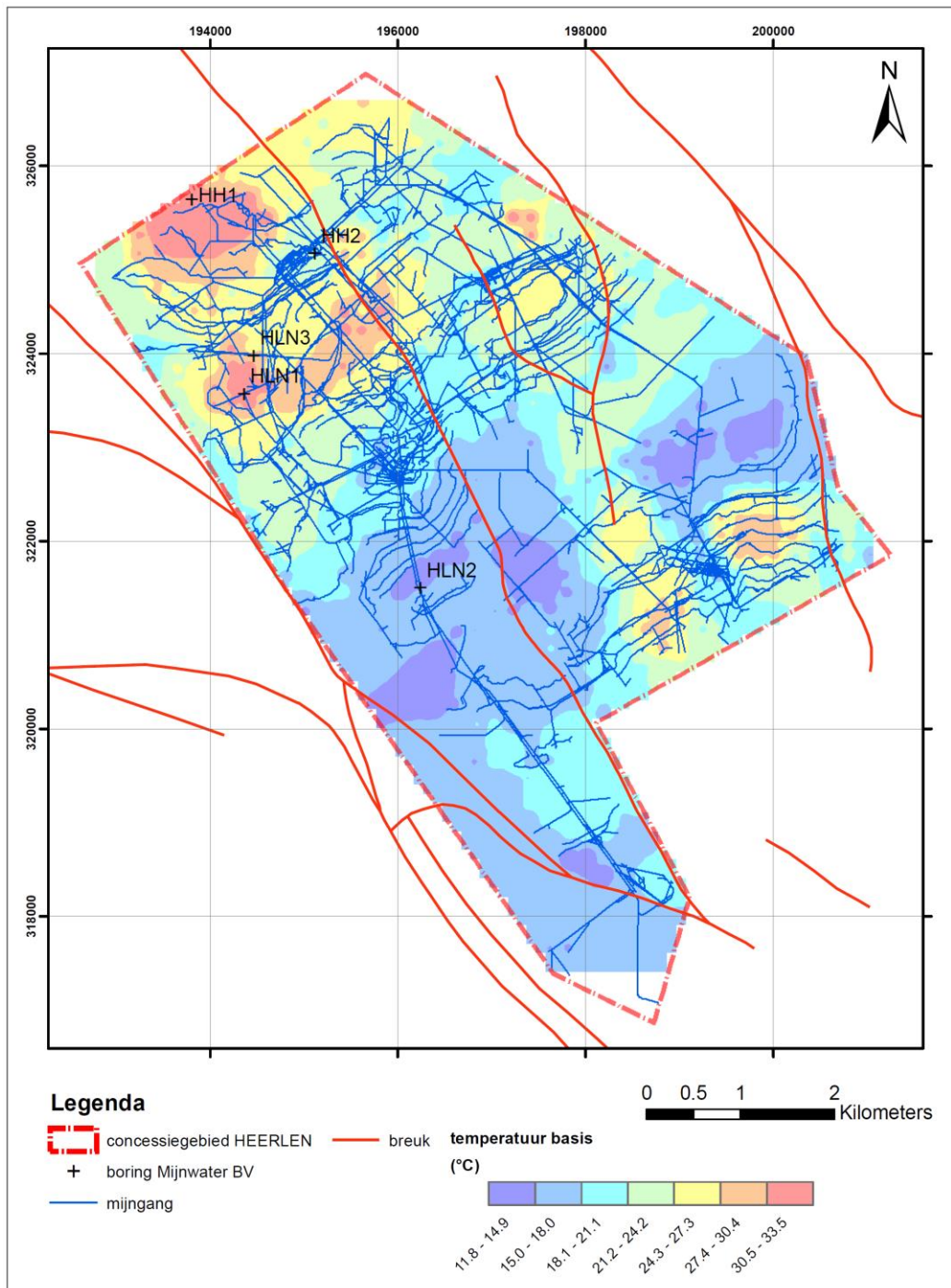
De gekozen geothermische gradiënt voor de Limburg Groep ligt tussen de waarden die gerapporteerd worden voor de omringende mijnzetels in (oost: Sm. Wilhelmina, 3,27°C, noord: Sm. Hendrik, 3,0 – 3,12°C, west: Sm. Emma 2, 97°C (Sadée, 1975). Dit is eveneens het geval voor de gehanteerde gradiënt in het dekterrein (oost: Sm. Wilhelmina 3,12°C, noord: Sm. Hendrik 3,55–3,08°C, west: Sm. Emma 2, 81°C).

In het zuiden van het concessiegebied ligt de berekende temperatuur aan top van het afgebouwde interval tussen 12 en 15°C. In het noordwesten van ON III loopt dit op tot 20 à 22°C. Aan de basis van de afgebouwde zone worden in het noordwesten van het concessiegebied temperaturen van 29 – 33°C berekend. Dit is maximale temperatuur van het mijnwater binnen het concessiegebied. De gemiddelde temperatuur in het mijnwaterreservoir ligt rond 18,7°C.

In de figuren 22 en 23 zijn de temperatuur aan de top en basis van het afgebouwde interval weergegeven.



Figuur 22: Temperatuur aan de top van het afgebouwde interval.



Figuur 23: Temperatuur aan de basis van het afgebouwde interval.

Beschrijving van de putten

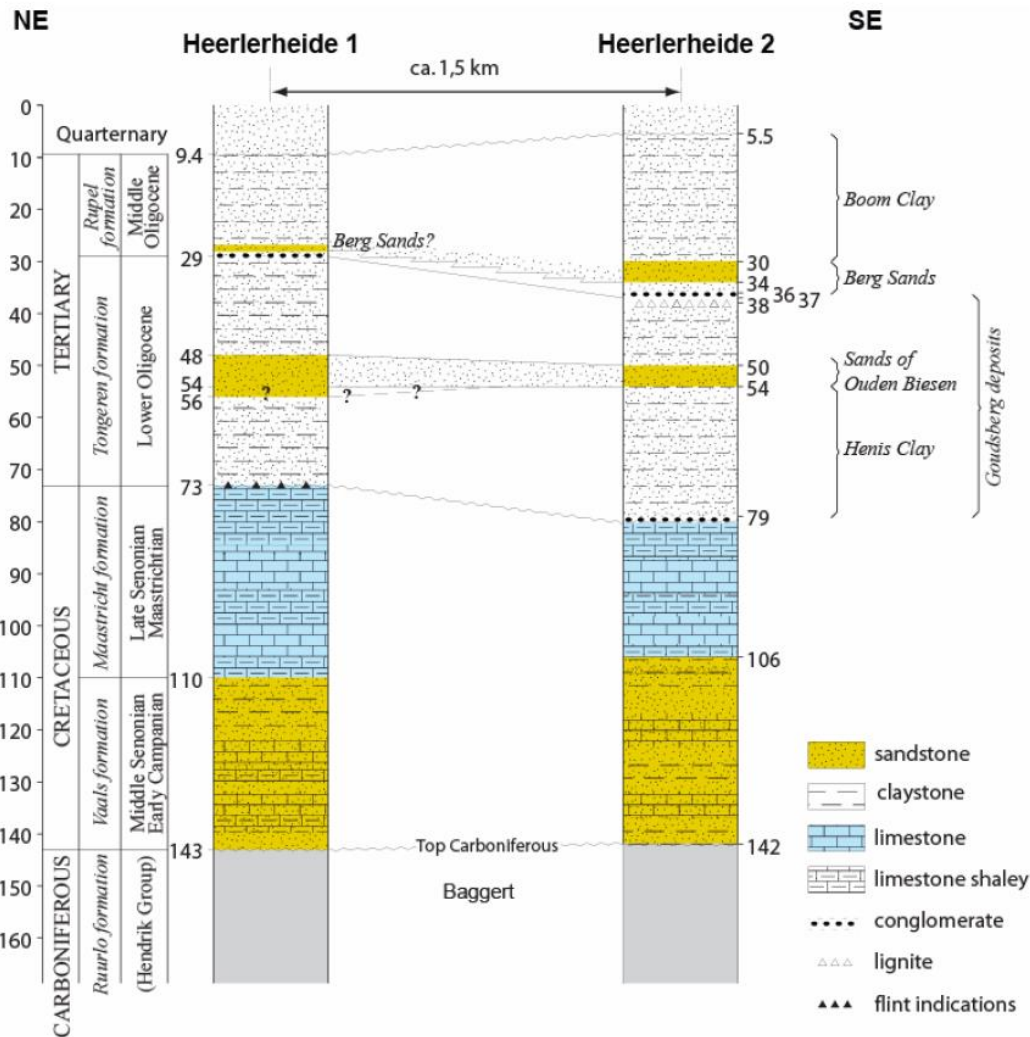
De geologie van de twee diepe putten (HH1 en HH2) is beschreven in van Tongeren (2006). De geologie van de twee ondiepe putten (HLN1 en HLN2) en de intermediaire put (HLN3) is beschreven in van Tongeren (2008).

HH1

HH1 werd geboord met het oog op de productie en injectie van warmwater (27 – 30°C). De putlocatie bevindt zich in nabij Caumerbroek in Heerlerheide. De boring target een transportgalerij in het uiterste noordwesten van de ON II mijn. De galerij maakt verbinding met de steenkoollaag # VII. De boring bereikte het dak van de galerij op een diepte van 688,7 m. Boven het dak bleek een

open holte te bestaan die start rond 688,5 m. De vloer van de galerij werd bereikt op 691,2 m (-611,6 m NAP). De onderste 100 cm van de galerij bestaat uit een 20 cm dikke laag met steenkoolfragmenten en fijn sediment, gevolgd door ca. 80 cm kolige modder. Er werd een slotted liner geïnstalleerd tussen 688,5 en 690,0 m (-608,9 - -609,4 mNAP)

De geologische opbouw van het dekterrein is weergegeven in Figuur 24. De top van de Limburg groep ligt op een diepte van 143,0 m (-63,4 m NAP). De doorboorde lagen van Limburg Groep bestaan uit zandsteen, siltsteen, kleisteen en steenkoollagen van de Ruurlo Formatie (Caumer Subgroep).



Figuur 24: Geologische opbouw van het dekterrein in de twee diepe putten (HH1 en HH2) (van Tongeren, 2006)

Na de productietest werd in de galerij werd een temperatuur van 30,7° C gemeten. Dit correspondeert met de verwachte temperatuur op deze diepte.

HH2

HH2 geboord met het oog op de opbouw van een warmwaterbuffer in de volumineuze ondergrondse werken die deel uitmaken van het ON III schachtencomplex door injectie van warm water. Deze buffer moet het mogelijk maken in de toekomst meer warmte te leveren door productie uit HH2. Daarnaast schermt hij bron HH1 af van de koude (HLN1) en intermediaire put (HLN3).

HH2 targets een steengang #701 in de nabijheid van de ON III schacht. De boring bereikte het dak van de steengang op een diepte van 691,0 m (-598,5 m NAP). De vloer ligt op 694,5 m (-602,0 m NAP). De put heeft een 7" slotted liner over de steengang: 690,7 tot 694,2 m (-589,2 – -601,7 m NAP).

De boring bereikte de basis van het dekterrein op een diepte van ca. 142 m (-49,5 m NAP). De top van de Limburg Griep wordt gevormd door zand- en siltstenen van de Ruurlo Formatie, met lokaal steenkoollagen en kleirijke zones. Het kleigehalte neemt naar onder toe. Het onderste deel van de boring bestaat uit een overwegend zandige sequentie die tot de Baarlo Formatie gerekend wordt. De grens tussen beide formaties wordt gevormd door de Wasserfall marine horizont, die zich op een diepte van 633 m (-540,5 m NAP) bevindt.

Er is geen stabiele temperatuurmeting in de steengang. Op basis van de temperatuurlog lijkt de geothermische gradiënt in de Limburg Groep 3.2 tot 3.3°C per 100 te bedragen. Dat is gelijkaardig aan de gradiënten gemeten door Sadée (1975) in de Wilhelmina Mijn en aan de waarde die gebruikt werd voor het temperatuurmodel.

HLN1

HLN1 werd geboord met het oog op de productie en injectie van koud water (15 – 18°C). De putlocatie bevindt zich ten noorden van de Heerlen - Sittard spoorweg. De boring werd geplaatst nabij de kruising van twee steengangen: steengang #289 en steengang #256 van het westveld van de ON I mijn. De boring bereikte het dak van steengang #256 op een diepte van 225.7 m (-132.7 m NAP). De vloer van de steengang ligt op 228.7 m (-135.7 m NAP). De put heeft een 9 5/8" slotted liner over de volledige hoogte van de steengang.

De geologische opbouw van het dekterrein is weergegeven in Figuur 25. De top van de Limburg groep ligt op een diepte van 143 m (-50 m NAP). De doorboorde lagen van Limburg Groep bestaan uit zandsteen, siltsteen, kleisteen en steenkoollagen van de Ruurlo Formatie (Caumer Subgroep).

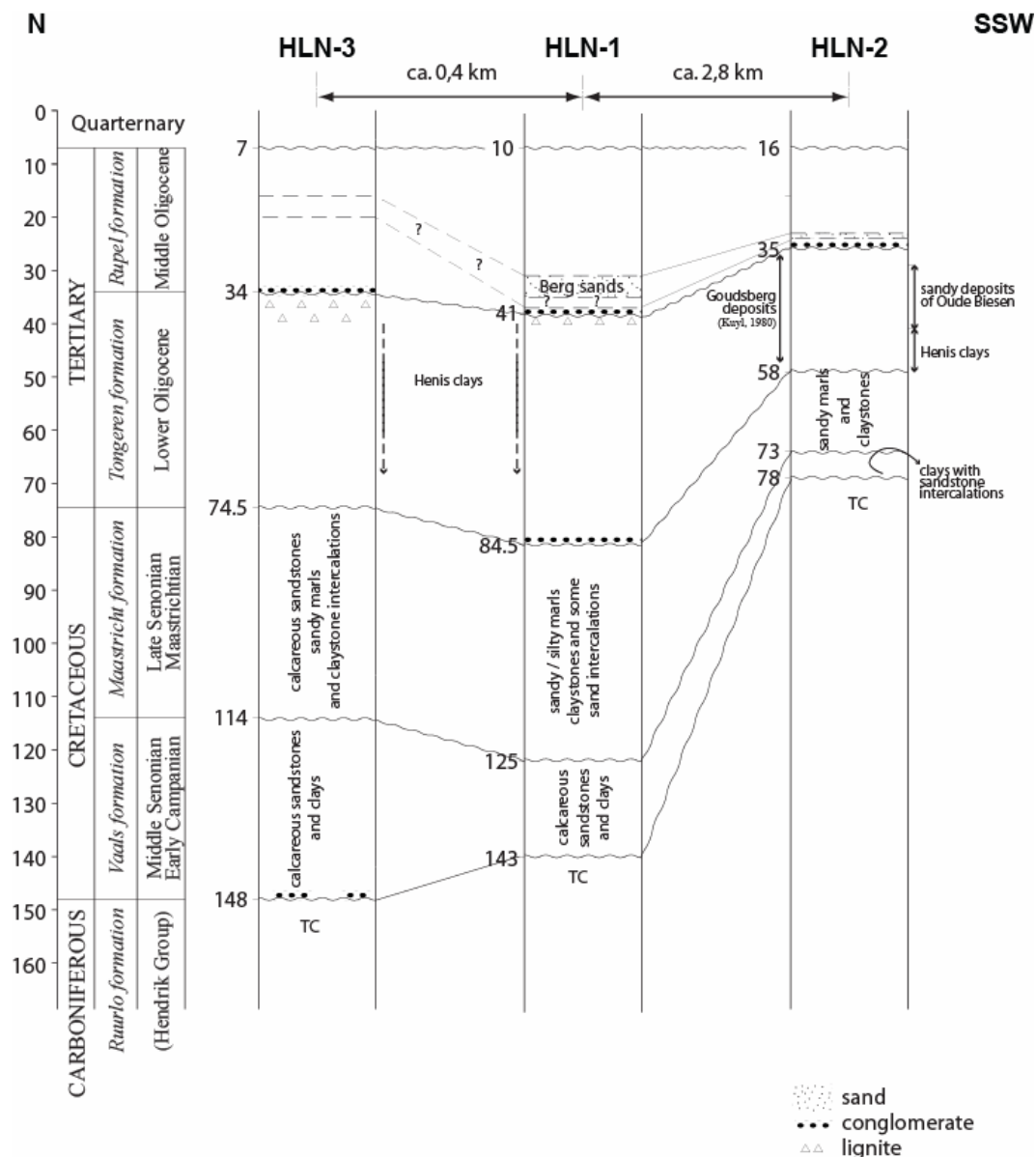
De temperatuur gemeten in de steengang bedraagt 15.1°C. Dit is 2.8°C lager dan de verwachte temperatuur op basis van het hoger besproken temperatuurmodel. Het verschil wordt toegeschreven aan het insijpelen van koud water uit het dekterrein in de omgeving van de put.

HLN2

HLN2 werd geboord met het oog op de productie en injectie van koud water (15 – 18°C). De putlocatie bevindt zich in het park naast het ABP-gebouw. De boring target steengang #252 van het zuidveld van de ON I mijn. De boring bereikte het dak van steengang #252 op een diepte van 244.2 m (-135.2 m NAP). De vloer van de steengang ligt op 246.8 m (-137.8 m NAP). De put heeft een 9 5/8" slotted liner over de volledige hoogte van de steengang.

De geologische opbouw van het dekterrein op de locatie van HLN2 is weergegeven in Figuur 24. De top van de Limburg groep ligt op een diepte van 78 m (31 m NAP). De doorboorde lagen van Limburg Groep bestaan uit voornamelijk uit fijne tot middelgrove zandsteen, siltsteen, kleisteen en steenkoollagen van de Ruurlo Formatie (Caumer Subgroep). De boring toont aanwijzingen voor de aanwezigheid van breuken op , 93 m (16 m NAP), 103m (6 m NAP), 125 m (-16 m NAP) en 162 (-35 m NAP).

De temperatuur gemeten in de steengang variëren van 18,3 tot 18,9°C. Dit correspondeert met de verwachte temperatuur op basis van het hoger besproken temperatuurmodel.



Figuur 25: Geologische opbouw van het dekterrein in de twee ondiepe putten (HLN1 en HLN2) en de intermediaire put (HLN3) (van Tongeren, 2008)

HLN3

HLN3 werd geboord met het oog op de injectie van water met een intermediaire temperatuur (20 – 25°C). De put werd zo ontworpen dat hij in de toekomst gebruikt kan worden voor de productie van zowel extra koud als warm water. De putlocatie bevindt op de Terhoevenderweg in Heerlen. De boring target twee steengangen die boven elkaar gelegen zijn: steengang #326 en steengang #437. De boring bereikte het dak van steengang #326 op een diepte van 306,0 m (-216,5 m NAP). De vloer van de steengang ligt op 309,0 m (-219,5 m NAP). Het dak van de steengang lijkt ten dele ingestort te zijn: de eerste open ruimte werd bereikt op 303 m. Het dak van steengang #437 werd bereikt op een diepte van 407,5 m (-318 m NAP), de vloer op een diepte van 410,0 m (-320 m NAP). De put heeft een 9 5/8" slotted liner tussen 303,7 en 306,7 m (-214,2 tot -217,2 m NAP) en van 407,5 tot 410 m (-318 tot -320,5 m NAP).

De geologische opbouw van het dekterrein ter hoogte van HLN3 is weergegeven in Figuur 25. De top van de Limburg groep ligt op een diepte van 148 m (-58,5 m NAP). De doorboorde lagen van Limburg

Groep bestaan uit fijne tot middelgrove zandsteen, siltsteen, kleisteen en steenkoollagen van de Ruurlo Formatie (Caumer Subgroep).

De temperatuur gemeten in steengang #326 ligt rond 26,7 °C. In steengang #437 werd ca. 27°C gemeten. Beide temperaturen liggen hoger dan de verwachte temperatuur op beide dieptes. Die bedragen respectievelijk 17,7 en 20,8°C.

De verhoogde temperatuur wordt toegeschreven aan toestroom van warm water uit diepere delen van het mijnwaterreservoir. Put HLN3 ligt vlak bij blindschacht # 199 (Opbraak) die verbinding maakt met steengang # 554 op een diepte van 537 m (-449 m NAP). Op basis van het temperatuurmodel bedraagt de temperatuur in deze steengang ca. 27,5°C.

Productie- en injectiekenmerken

De productie- en injectiekenmerken van de vijf bronnen is beschreven in Mattijs et al (2019) (Bijlage 2). De bronnen worden gekenmerkt door hoge productie- en injectie-indexen. Een groot deel van de stijghoogteverschillen gemeten in de bronnen tijdens productie en/of injectie is toe te schrijven aan wrijvingsverliezen in de putten zelf. De berekende drukverschillen in de mijngangen die uitgeven op de bronnen is van de orde van grootte van 1 – 10 m (Tabel 21). Dit is een gevolg van het feit dat alle filters in open mijngangen geplaatst werden. De beperkte drukverschillen wijzen er op dat de aangeboorde mijngangen niet – volledig – afgesloten zijn.

	totaal effect (put)			lineair effect (reservoir)		
debiet	80 m ³ /h	120 m ³ /h	180 m ³ /h	80 m ³ /h	120 m ³ /h	180 m ³ /h
HH1	2,8 m	5,9 m	12,8 m	0,5 m	0,7 m	1,1 m
HH2	4,2 m	7,8 m	15,0 m	2,2 m	3,3 m	4,9 m
debiet	120 m ³ /h	240 m ³ /h	360 m ³ /h	120 m ³ /h	240 m ³ /h	360 m ³ /h
HLN1	9,0 m	28,2	57,7	3,9 m	7,8 m	11,7 m
HLN3	4,2 m	13,3 m	27,2 m	1,8 m	3,6 m	5,4 m
debiet	120 m ³ /h	240 m ³ /h	480 m ³ /h	120 m ³ /h	240 m ³ /h	480 m ³ /h
HLN2 prd	0,62	2,5	10,0	0,0 m	0,0 m	0,0 m
HLN2 inj	1,1 m	4,4 m	17,7 m	0,01 m	0,02 m	0,05 m

Tabel 21: Berekende variaties in stijghoogte ten gevolge van de productie en injectie van mijnwater (huidige winning en verwachte maximale winning).

Met uitzondering van HLN1 bedragen de verwachte stijghoogteveranderingen in de putten bij het huidige maximale debiet minder dan 15 m (Tabel 29). Het grootste deel van de stijghoogteveranderingen is toe te schrijven aan puteffecten. Het reservoir effect bedraagt maximaal 4 m. Bij een eventuele toekomstige verhoging van de debieten tot 180 m³/h voor HH1 en HH2 en 360 m³/h voor de drie andere putten kunnen de stijghoogteveranderingen in de putten oplopen tot enkele tientallen meters. De effecten op reservoirniveau lopen dan op tot maximaal een 5 m.

HLN1 lijkt in deze een uitzondering. Bij het huidige maximale productiedebiet bedraagt de afpompingshoogte ca. 28 m. Bij verhoging tot 360 m³/h zou dit kunnen oplopen tot ruim 57 m. Ook het lineaire effect ligt aanmerkelijk hoger dan in de andere putten. Nader onderzoek naar de toestand van HLN1 en het mijnwaterreservoir in de omgeving van de put kan uitwijzen wat de oorzaak is van de hoge afpompingshoogte en welke maatregelen genomen kunnen worden om deze te beperken.

HH1

De afpompings in HH1 bij maximaal debiet blijft beperkt tot hooguit enkele meters. Het grootste deel van de stijghoogteveranderingen zijn toe te schrijven aan wrijving in de put. Het effect op reservoir-niveaus is van de orde van grootte van 1 m of minder. Dit wijst op een kleine stromingsweerstand in de aangeboorde galerij en op een goede connectie van de galerij met de rest van de ondergrondse mijninfrastructuur.

HH2

In vergelijking met HH1 heeft HH2 een hoog lineair effect wat kan wijzen op een verhoogde stromingsweerstand in het deel van het mijnwaterreservoir waar deze put in injecteert. Dit blijkt echter niet uit de data van de pomptest uit 2006. De stijghoogteveranderingen gemeten tijdens de test kunnen volledig toegeschreven worden aan wrijvingsverliezen in de put en natuurlijke veranderingen van het mijnwater-niveau. Verstopping van de filter is een alternatieve verklaring voor het hoge lineair effect.

HLN1

In vergelijking met de andere bronnen blijkt HLN1 een groot lineaire effect te hebben. Dit kan wijzen op een verhoogde stromingsweerstand in de gang waaruit deze put onttrekt. Ook het kwadratische effect, dat meestal toegeschreven wordt aan puteffecten, is hoog in vergelijking met de andere ondiepe put (HLN2) en met de intermediaire put (HLN3). Dit kan wijzen op een verhoogde stromingsweerstand in de verbuizing of in de filter van HLN1.

HLN2

Productie en injectie put HLN2 blijkt geen significante invloed te hebben op de stijghoogte van het mijnwater in het reservoir. De gemeten stijghoogteveranderingen zijn quasi volledig toe te schrijven aan wrijving in put zelf. Dit wijst op een zeer geringe stromingsweerstand in steengang #252 en een goede connectie van de steengang met de rest van de ondergrondse mijninfrastructuur.

HLN3

HLN3 toont een relatief hoog lineaire effect, wat kan wijzen op een verhoogde stromingsweerstand in de gangen waarin de put injecteert.

Formatiewater karakteristiek

Hieronder zijn de karakteristieken van het mijnwater samengevat. Voor een bespreking van de analyseresultaten en van de impact van de winning op de samenstelling van het mijnwater verwijzen we naar Matthijs et al. (2019), toegevoegd als Bijlage 2.

De diepe putten (HH1 & HH2)

De chemische analyses van de stalen genomen tijdens de pompproef tussen HH1 en HH2 in 2006 wijzen op een licht brak water met een totaal gehalte aan opgeloste zouten van 4,6 – 4,9 g/l. De dominante ionen zijn natrium, chloride en bicarbonaat. De gemiddelde concentraties van de opgeloste anorganische componenten zijn weergegeven in Tabel 22. Het gehalte aan opgeloste gassen is weergegeven in Tabel 22.

De ondiepe putten (HLN1 en HLN2)

De chemische analyses uitgevoerd op stalen die genomen werden tijdens de pompproeven in 2008 blijkt dat de het water in de ondiepe bronnen HLN1 en HLN2 minder opgeloste zouten bevatten dan dat uit de diepe bron HH1. De verhouding $\text{Na}+\text{K}/\text{Ca}+\text{Mg}$ en Cl/HCO_3^- ligt aanmerkelijk lager dan in HH1 en HH2. Dit wijst om een sterkere invloed van water uit het dekterrein.

De samenstelling van HLN2 komt overeen met water uit zone II van Kimpe en is relatief hard. Het initieel opgepompte water in HLN1 heeft een laag zoutgehalte (< 1 g/l) en is bovendien vrij zacht

(totale hardheid < 30°dH). Dit wijst op insijpeling van relatief zacht en zoet water uit het dekterrein, conform zone I van Kimpe.

Parameter	HH1	HH2	HLN1	HLN2
TDS (g/l)	4,93	4,55	2,24	3,84
TDS (%wt)	0,49	0,46	0,22	0,37
EC2 @25°C (µS/cm)	7725	7340	3160	6040
Density @25°C (g/l)	1,0	1,0	1,0	1,0
Bubblepoint pressure (bar)	1.59	1.19	1.06	1.05
Anorganische Componenten	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
Na+	1459	1400	375	946
K+	60	75	33	60
Ca++	83	96	145	168
Mg++	61	65	75	65
Fe+++	3,9	9,4	5,1	<0,1
Fe++	0,30	0,63	<0,1	<0,1
Cl-	1725	1600	166	1257
F-	0,39	<1,0	0,30	0,27
SO4--	636	650	664	499
S--	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
HCO3-	904	650	781	847
CO3--	<0,1	-	<0,1	<0,1

Tabel 22: Formatiewater karakteristieken.

	HH1	HH2	HLN1	HLN2
pCO ₂	-0,24	-0,74	-1,34	-1,39
O ₂	< 0,5 mg/l	< 0,5 mg/l	< 1,0 mg/l	< 1,0 mg/l
CH ₄	290 µg/l	240 µg/l	40 µg/l	150 µg/l
H ₂ S	< 0,1 mg/l	< 0,1 mg/l	< 0,1 mg/l	< 0,1 mg/l

Tabel 23: Karakterisatie gasen en koolwaterstof inhoud.

Wat opgeloste gasen (Tabel 23) betreft werd in geen van de drukstalen CO₂ of H₂S gas gemeten. Het CH₄ gehalte werd bepaald op 40µg/l tot 290µg/l. De hoogste waardes worden aangetroffen in de diepe bronnen, maar alle waardes liggen ver onder het verzadigingspunt. CO₂ is wel oververzadigd onder atmosferische condities. Wanneer de druk onder het bubbeldruk daalt zal gedeeltelijke ontgassing van CO₂ optreden.

Reservoir modellering

Stromingseigenschappen

De voormalige mijnactiviteiten hebben geresulteerd in een uitgebreid ondergronds netwerk van relatief open mijngangen op verschillende diepteniveaus met daartussen de samengeperste zones van de ingestorte of opgevulde ontginningspanelen. Deze afgebouwde zones staan altijd met één of meerdere van deze mijngangen in verbinding. Zodoende vormt dit geheel een stelsel van vele doorstroomkanalen met bijbehorende zones van residuele porositeiten en/of kleine(re) ruimten. De residuele porositeiten zijn aanzienlijk hoger dan de oorspronkelijke (intrinsieke), zeer geringe porositeit van het gesteente. Door menselijke mijnactiviteiten is er zo een ondergronds reservoir

geschapen met plaatselijk sterk verhoogde doorlaatbaarheden (permeabiliteiten) binnen een oorspronkelijk nagenoeg impermeabel gesteente. De restruimten vormen een complex stromingsnetwerk. Een belangrijk kenmerk van het netwerk is zijn de grote verschillen in de stromingskarakteristieken van de verschillende types restruimte en het omgevende gesteente (Laenen et al., 2007).

Om er zeker van te zijn dat de het mijnwater in het belangrijkste openstaand restvolume van de mijn zou aangesproken worden en om voldoende hoge injectie- en productiedebieten te kunnen bekomen werd ervoor gekozen om open gangen aan te boren. Als gevolg hiervan zal de stroming bijna uitsluitend in de gangen plaatsvinden (Laenen et al., 2007). De hydraulische geleidbaarheid van de gangen is immers vele malen groter dan die van de restholten van de ontgonnen panelen, het gekraakte gesteente (kolen en nevengesteente) rond de ontginningswerken en het oorspronkelijke gesteente zelf. De snelheid waarmee het water in een open pijp systeem met een hydraulische diameter in de orde van grootte van 10.000 mm zal stromen is van een compleet ander orde dan bij stroming doorheen open spleten met een hydraulische diameter van 100 – 10 mm en stroming doorheen een tortueus pad met hydraulische diameters in de orde van grootte 0,1 mm of minder. De stroming in het reservoir kan daarom het best te benaderd worden met een “open pipe flow” model (Ferket et al., 2011).

Reservoirmodel

Het “open pipe flow” voor het mijnwaterreservoir binnen concessiegebied Heerlen werd opgesteld binnen de EPANET-code (Rossman, 2000). In dit “open pipe flow” systeem zijn de belangrijke mijngangen en verbindingen tussen mijnverdiepingen geïntegreerd, waardoor de complexe geometrie van de ON-mijnen grotendeels in het model is opgenomen. Omdat het volume aan mijngangen in het model representatief is voor het reële restvolume aan gangen in de mijn kan het model gebruikt worden om stroomsnelheden in gangen en drukken in knooppunten te berekenen bij productiescenario's (Ferket et al., 2011).

Het model houdt reken met volgende randvoorwaarden:

- De lokale hydrogeologie;
- De evolutie van het mijnwaterniveau;
- De aanwezigheid van dammen en ingestorte zones /gangen;
- De impact van breuken op zowel stroming als temperatuur;
- De porositeit en de permeabiliteit van de gemijnde gebied en het omgevende gesteente.

Het model maakt gebruik van de volgende inputparameters:

- Stromingskenmerken van de gangen (open/gesloten hydraulische diameter berekend op basis van de doorsnede van de gangen, lengte, open/gesloten, ruwheidsfactor, een factor voor de thermische uitwisseling met het nevengesteente);
- De initiële samenstelling van het mijnwater (TDS);
- De dichtheid en viscositeit van het mijnwater;
- De thermische eigenschappen van het mijnwater (thermische geleidbaarheid en specifieke warmtecapaciteit)
- De thermische eigenschappen van het gesteente rond de gangen (thermische geleidbaarheid en specifieke warmtecapaciteit);
- De initiële temperatuur van het mijnwater;
- De initiële samenstelling van het mijnwater in elk van de gangen en knooppunten;
- Productie- en injectieschema's voor de verschillende putten.

De onderstaande berekeningen werden doorgevoerd met het model:

Naam: Heerlen_2016

Input file:

Best-fit-old-PT-2013-2014-2015-kb002-Laura30-WONII-5-WONI-15-fault-HLN1-15-HLN2-fault-18-5-HLN2Flow2-13x2-5HLN1-Tini-higher.net

Info:

Best fit op basis van de test- en productiedata voor de periode 2008 – 2005

Stijghoogte mijnwater met instroom uit de Wilhelmina en overloop naar de Laura

Instroom van 17°C water uit het dekterrein in het zuiden van de ON I

Instroom van 15°C water uit het dekterrein in de omgeving van HLN1

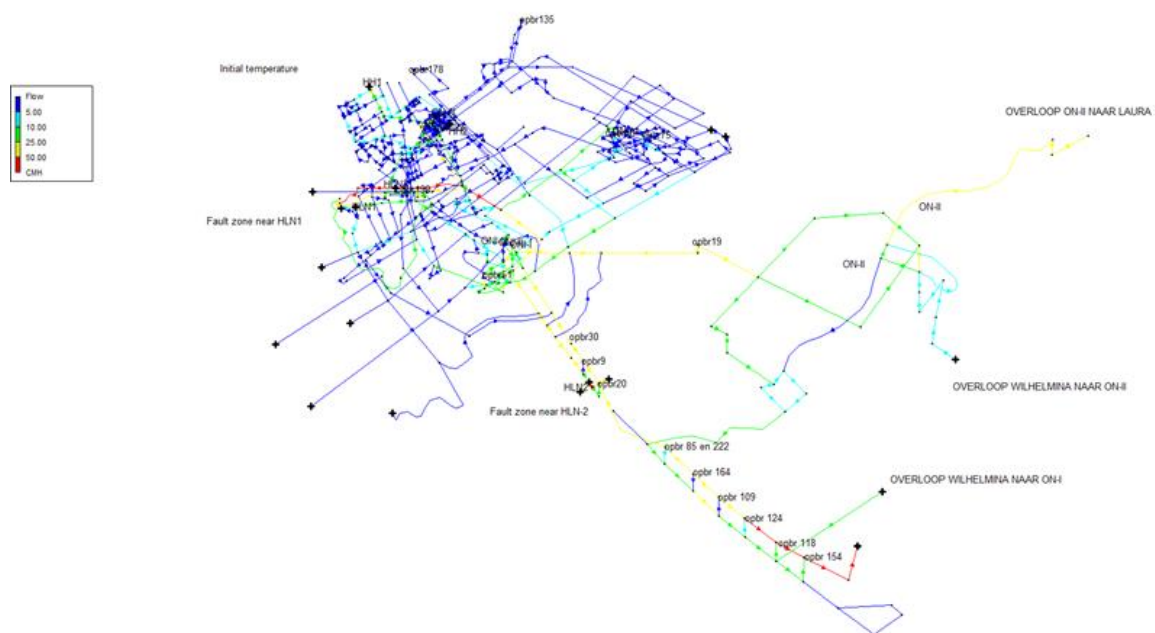
Hydrothermale invloed van de Oranje storing / Benzerade breuk

Code:

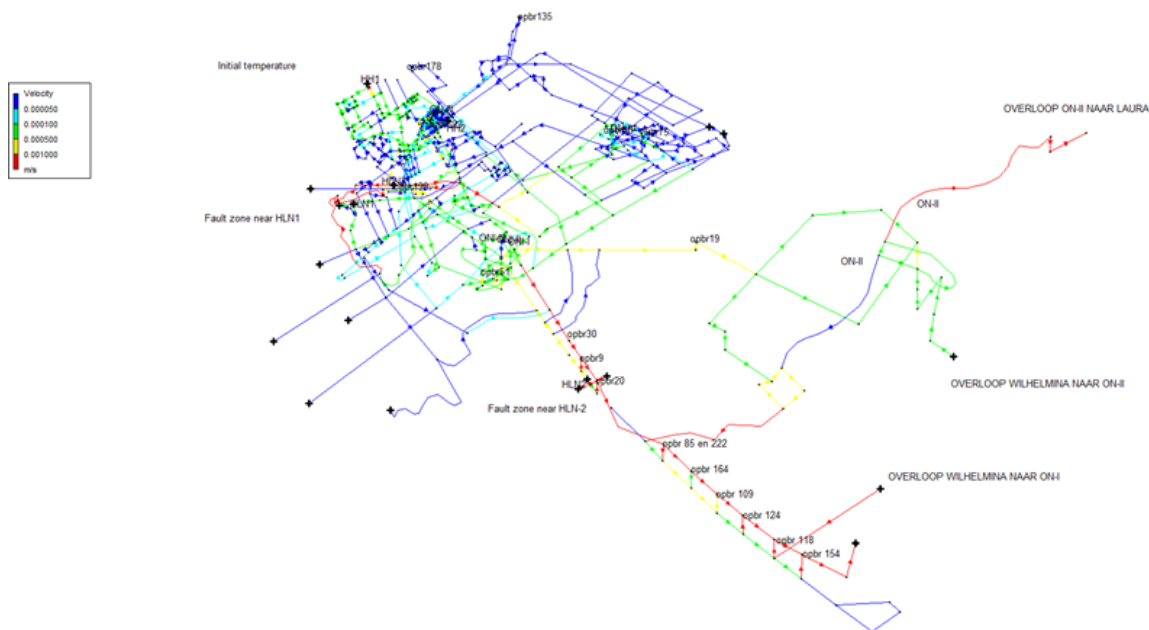
EPANET versie 2.0 build 2.00.12

Modelresultaten

De impact van de productie en injectie van mijnwater op de stroomsnelheden in het mijngangenstelsel. De stroming vindt vooral plaats in het ON I en ON III deel van het reservoir, ongeacht de injectie in HH2, HLN2 of HLN3 gebeurt. Het ON IV deel van het reservoir komt meer in beweging op het moment dat pompput HLN2 gebruikt wordt voor productie. Dit geldt ook voor het ON II deel, maar in veel mindere mate. De stromingen in het ON II deel van het reservoir zijn hoofdzakelijk het gevolg van de natuurlijke afvoer van mijnwater via het overlooppunt naar de Laura mijn (Figuur 26 en Figuur 27).



Figuur 26: Stroomsnelheden in het ON-reservoir tijdens productie in HH1, HLN1 en HLN2 en injectie in HLN3 in bedrijfsperiode 2013-2015 (rood = hoog, blauw = laag)



Figuur 27: Stroomsnelheid in het ON-reservoir tijdens productie in HH1, HLN1 en HLN2 en injectie in HLN3 in bedrijfsperiode 2013-2015 (rood = hoog, blauw = laag)

Productie	debiet (m ³ /h)	injectie	debiet (m ³ /h)	mijngang	v (m/h)
HH1	120	HLN3	120	steengang #256	42
HH1	120	HLN2	120	galerij naar laag # VII	24
HH1	180	HLN2	180	galerij naar laag # VII	32
HH2	120	HLN2	120	steengang #252	10
HH2	180	HLN2	180	steengang #252	15
HLN1	240	HLN3	240	steengang #256	84
HLN1	240	HH1 & HH2	120 & 120	galerij naar laag # VII	32
HLN1	360	HH1 & HH2	180 & 180	galerij naar laag # VII	48
HLN1	240	HLN3	240	steengang #256	84
HLN2	240	HH1 & HH2	120 & 120	galerij naar laag # VII	32
HLN2	360	HH1 & HH2	180 & 180	galerij naar laag # VII	48

Tabel 24: Maximale berekende stroomsnelheid en locatie van voorkomen voor specifieke productie- en injectiesituaties.

In de huidige situatie kan maximaal 240 m³/h warm water worden onttrokken uit HH1 en HH2 samen. De maximale huidige productiedebiet voor de levering van koude ligt bij 240 m³/h. Koud water wordt opgepompt uit HLN1. De injectie heeft nog voor een deel plaats gevonden in HLN3 vanwege het inregelen van de nieuwe injectiebronnen HH2 en HLN2. De leveringscapaciteit van het reservoir kan echter gevoelig vergroot worden door opgewarmd water op te slaan in de twee diepe putten en afgekoeld water te injecteren in de ondiepe putten. Daarom zal de injectie in HLN3 tot een minimum worden beperkt.

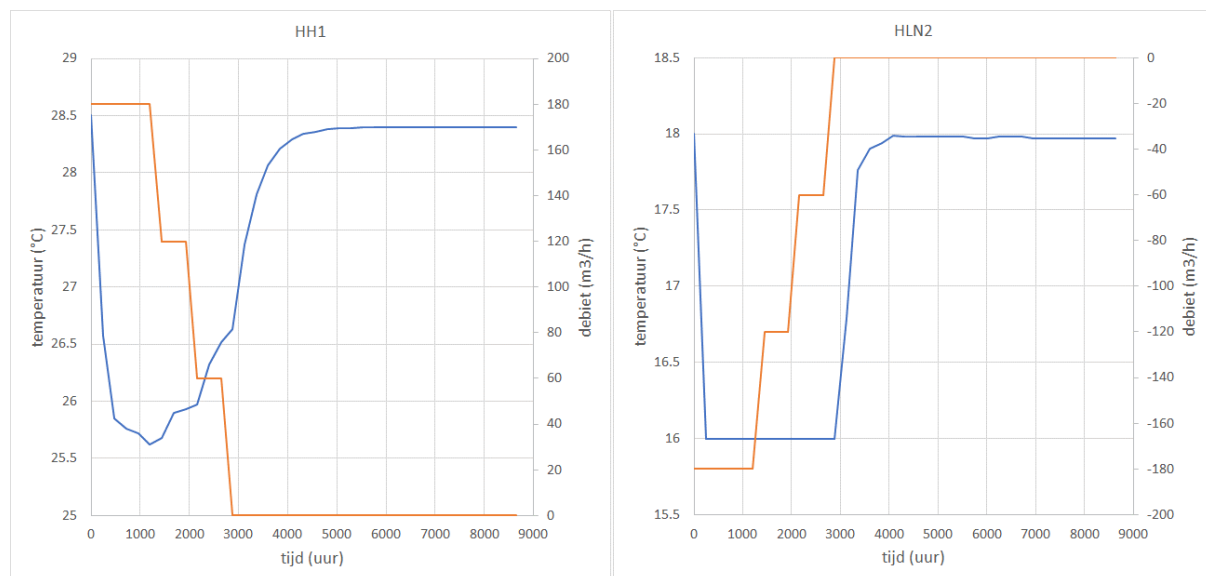
Bij injectie van water geproduceerd uit HLN1 of HLN2 op HLN3 worden de grootste stroomsnelheden berekend in steengang #256 (Tabel 24). Op basis van de injectiekenmerken van put HLN3 bedraagt het drukeffect op de gang bij het maximale debiet van 240 m³/h ca. +0,35 bar. Ook bij injectie van water geproduceerd uit HH1 of HH2 op HLN3 worden de grootste stroomsnelheden berekend in steengang #256. Het drukeffect op de gang bij het maximale debiet van 120 m³/h ca. +0,18 bar.

Wanneer de injectie op HLN3 wordt afgebouwd verplaatst de locatie met de sterkste stroming (Tabel 24). In situaties waarbij maximaal geproduceerd of geïnjecteerd wordt op HH1 vindt de sterkste stroming plaats in de galerij naar laag # VII. Bij een debiet van 180 m³/h kan de stroomsnelheid in de galerij oplopen tot ca. 50 m/h. Het drukeffect op reservoirniveau nabij HH1 bedraagt in dat geval ca. 0,11 bar. De stroming rond HH2 wordt uitgesplitst over 2 steengangen. Dit resulteert in lagere stroomsnelheden dan in de galerij waarin de filter van HH1 geplaatst is. Het drukeffect op reservoirniveau nabij HH2 bij een debiet van 180 m³/h wordt op 0,48 bar geschat.

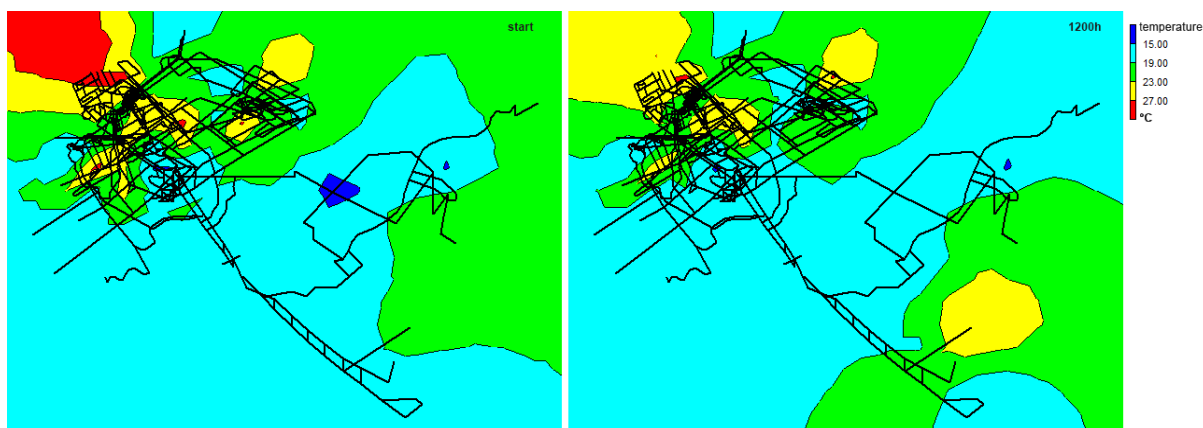
Het reservoir wordt gebruikt voor de levering van lage temperatuur warmte en van koude. Warm mijnwater wordt momenteel opgepompt uit HH1 en/of HH2. De productietemperatuur ligt tussen 27 en 28°C. na uitkoeling wordt het mijnwater geïnjecteerd via HLN2 of HLN1, en eventueel via HNL3. De injectietemperatuur bedraagt 16°C op lager. De levering van koude is gebaseerd op het oppompen van mijnwater van 16 tot 18°C. Het opgewarmde water wordt terug geïnjecteerd in HH1 of HH2 en eventueel in HNL3, De injectietemperatuur bedraagt gewogen gemiddeld 28°C of hoger.

Figuur 28 toont de impact van de productie van warm mijnwater op de productietemperatuur van HH1 gedurende één stookseizoen. In het model wordt het afgekoelde mijnwater terug geïnjecteerd in HLN2. De retourtemperatuur bedraagt 16°C. Het scenario resulteert in daling van de productietemperatuur over het stookseizoen met ca. 3°C. De temperatuur in HLN2 snel daalt met ca. 2°C. Het model toont aan dat na stopzetting van de warmtelevering de temperatuur in het reservoir zich herstelt door uitwisseling van warmte met het omliggende gesteente.

De monitoring data van 2016 -2017 tonen een daling van ca. 1°C over elke leveringsperiode in HH1 (ca. 28 -> 27°C in 2017 en 28,3 -> 27,5°C in 2016). Dat is in lijn met het model. Met de kanttekening dat in de perioden zelden meer dan 80 m³/h uit HH1 werd geproduceerd en gemiddeld minder dan 60 m³/h. Voor de lagere debieten toont het model ook een kleinere terugval in temperatuur.



Figuur 28: Impact van de winning van warm mijnwater op de productietemperatuur van HH1 gedurende één stookseizoen en van de gelijktijdige injectie van mijnwater met een retourtemperatuur van 16°C op de temperatuur in HLN2



Figuur 29: Impact van de winning van warm mijnwater uit HH1 en de gelijktijdige injectie van mijnwater met een retourtemperatuur van 16°C in HLN2 op de temperatuurverdeling in het mijnreservoir.

De mogelijkheid om tijdelijk (seizoenaal) warmte en koude op de slaan ligt ten grondslag aan het mijnwatersysteem dat ontwikkeld is in Heerlen (Mijnwater 2.0). Om de leveringscapaciteit van warmte en koude te vergroten zal in de toekomst meer en meer gebruik gemaakt worden van de opslagcapaciteit van het mijnwaterreservoir. Dit impliceert een verhoging van de productie- en injectiedebieten (Tabel 24) en een afbouwen van de injectie van water in HLN3. Daarnaast kan extra leveringscapaciteit gecreëerd worden door het boren van extra putten of door de tijdelijk water met een temperatuur van 35°C of meer op te slaan in de diepe mijngangen en/of water van 10 - 15°C op te slaan in de ondiepe mijngangen. De impact van deze aanpassingen op het mijnwaterreservoir en de bovenliggende watervoerende lagen dient nader onderzocht te worden.

Wijze van winning

Beschrijving winning

Hier wordt beschreven wanneer de productie is gestart en wat de status datum van de productieprognose is van wat er in de rest van dit hoofdstuk wordt gegeven.

De productie van warm en koud mijnwater is gestart in 2008, toen de eerste gebruiker (Heerlerheide Centrum) werd aangesloten op het mijnwater netwerk. In die tijd waren 3 bronnen in gebruik:

- HH1 als warme productieput; 700 meter diep; temperatuur 28 graden (> 500 m, vallend onder de Mijnbouwwet); productiecapaciteit 56m³/h
- HLN1 als koude productieput; 250 meter diep; temperatuur 16 graden (< 500 m, vallend onder de Grondwaterwet); productiecapaciteit 80 m³/h
- HLN3 injectieput voor de injectie van gebruikt mijnwater; 350 en 450 meter diep; temperatuur 18 en 24 graden (< 500 m, vallend onder de Grondwaterwet); injectiecapaciteit > 240 m³/h.

Het mijnwaterreservoir werd toentertijd puur gebruikt als geothermische bron. De werking van het systeem wordt toegelicht bij de algemene omschrijving in de inleiding onder de noemer Mijnwater 1.0. (Pagina 13). Het systeem is op deze wijze bedreven tot 2013.

In 2012/2013 is het systeem omgebouwd naar een energie-uitwisselingsysteem met het gebruik van het mijnwaterreservoir als buffer, zoals toegelicht bij de algemene omschrijving in de inleiding onder de noemer Mijnwater 2.0.

Sindsdien zijn alle 5 de bronnen in gebruik en is de capaciteit verhoogd:

- HH1 als warme productieput; 700 meter diep; temperatuur 28 graden (> 500 m, vallend onder de Mijnbouwwet); productiecapaciteit 120 m³/h;
- HH2 als warme injectieput; 700 meter diep; temperatuur > 28 graden (> 500 m, vallend onder de Mijnbouwwet); injectiecapaciteit > 240 m³/h;
- HLN1 als koude productieput; 250 meter diep; temperatuur 16 graden (< 500 m, vallend onder de Grondwaterwet); productiecapaciteit 240 m³/h
- HLN2 als koude injectieput; 250 meter diep; temperatuur < 16 graden (< 500 m, vallend onder de Grondwaterwet); injectiecapaciteit > 360 m³/h
- HLN3 injectieput voor de injectie van gebruikt mijnwater; 350 en 450 meter diep; temperatuur 18 en 24 graden (< 500 m, vallend onder de Grondwaterwet); injectiecapaciteit > 240 m³/h.

De injectieput HLN3 wordt alleen nog toegepast als back-up in geval van storingen of onderhoud aan de nieuwe injectieputten HH2 of HLN2.

Er loopt een uitvoeringsplan waarbij alle putten worden omgebouwd tot bidirectionele putten voor zowel de productie als injectie van mijnwater. HH2 is in 2017 omgebouwd (productie 120 m³/h; injectie 240 m³/h). HLN1 wordt momenteel omgebouwd en zal vanaf medio mei 2019 als zodanig operationeel zijn (productie 240 m³/h; injectie 240 m³/h). In het voorjaar van 2019 wordt HH1 omgebouwd (productie 120 m³/h; injectie 240 m³/h) en in het najaar 2019 staat de ombouw van HLN2 (productie 240 m³/h; injectie 480 m³/h) gepland.

Het reservoir wordt op geen enkele wijze gestimuleerd. Alle putten worden drukloos bedreven. De annulus is open en staat in verbinding met de buitenlucht.

Winningsproces

In de inleiding bij de algemene beschrijving is de algehele werking van het systeem beschreven. In deze paragraaf zal het huidige (Mijnwater 2.0) productie-, transport- en injectieproces van het mijnwater nader worden beschreven.

Productie

Put HH1 is uitgevoerd als productiebron en samengesteld uit een bronpomp geplaatst in de boorput die het mijnwater naar de oppervlakte brengt en booster pompen die zorgdragen voor de distributie over de mijnwater backbone naar de clusterinstallaties. De bronpomp bevindt zich op ca. 100 m onder maaiveld en 30 m onder de waterspiegel. Tussen de bronpomp en boosterpomp bevinden zich drukbuffers voor start/stop bedrijf van de bronpomp tijdens geringe vraag. In Figuur 30 is de productiebron weergegeven.

Put HH2 is uitgevoerd als bidirectionele bron (2017), geschikt voor productie en injectie van warm mijnwater. De injectieklep is boven de bronpomp geplaatst. In productiemodus staat de injectieklep in reverse flow waarbij het geproduceerde mijnwater van de bronpomp volledig wordt doorgelaten (holle buis).

HH2 beschikt alleen over een bronpomp, die zorgdraagt voor zowel het oppompen als ook de distributie van het mijnwater. Deze bronpomp is dus zwaarder dan de bronpomp van HH1. Er is geen drukbuffer geplaatst zoals bij HH1 voor start/stop bedrijf. HH1 is de primaire productiebron die bij laag verbruik in werking is en die als eerste wordt ingezet en als laatste uit bedrijf wordt genomen. Derhalve is de drukbuffervoorziening bij HH2 niet nodig.

In het voorjaar van 2019 wordt put HH1 ook omgebouwd naar een bidirectionele uitvoering.

Mijnwater 2.0

Productiebronnen



Drukbuffer en drukverhogings
installatie

Figuur 30: Productiebron (HH1)

Transport

Vanuit de productiebronnen HH1 en HH2 wordt de warme transportleiding naar de clusters gevoed en op druk gehouden. De productiebronnen dragen zorg voor een minimale druk bij elke clusterinstallatie van minimaal 2 bar teneinde ontgassing van het mijnwater te voorkomen (Minimale ontgassingdruk is 0,5 bar). De installatie is druk gestuurd. Daalt de druk bij de clusterinstallaties dan wordt het pompdebiet verhoogd om het systeem op druk te houden.

Mijnwater 2.0

Clusterinstallatie

Energieuitwisseling tussen
cluster- en mijnwater



Figuur 31: Clusterinstallatie

Bij de clusterinstallaties vindt via een warmtewisselaar uitwisseling plaats tussen de mijnwater backbone en de clusternetten. Overschotten of tekorten aan warmte in het cluster worden afgevoerd of aangeleverd. In Figuur 31 is een clusterinstallatie weergegeven.

De clusterinstallatie kijkt wat er wordt aangevoerd vanuit het clusternet. In geval van warm water weet de installatie dat er in het cluster een koelvraag is en vice versa. Om te verwarmen/koelen wordt warm/koud mijnwater uit de warme/koude mijnwaterleiding onttrokken met booster pompen en in tegenstroom met het water uit het clusternet over de warmtewisselaar geleid en in de tegenovergestelde koude/warme mijnwaterleiding geperst en afgevoerd naar een ander clusterinstallatie met een tegengestelde vraag en/of afgevoerd naar de betreffende koude of warme injectieput.

Injectie

De injectieputten (warm HH2 en koud HLN2) hebben twee functies:

1. Injectie van warm en koud mijnwater in het betreffende deel van het mijnwaterreservoir met een minimale injectiedruk van 2 bar om ontgassing te voorkomen;
2. Het actief bewerkstelligen van energie-uitwisseling via de mijnwater backbone tussen aangesloten clusters.

De injectie wordt geregeld door een combinatie van flow- en drukregeling.

Flowregeling

Met behulp van een algoritme per injectieput wordt bepaald of er een overschot aan warmte of koude is. Met de gemeten, aan de mijnwater backbone onttrokken, volumestromen kan dit worden bepaald:

- HH2 (warme injectieput) = Σ koude volumestroom clusters
- HLN2 (koude injectieput) = Σ warmte volumestroom clusters

Indien de uitkomst van deze berekening ≤ 0 dient betreffende infiltratiebron buiten bedrijf (gesloten) te zijn. Indien de uitkomst van deze berekening > 0 is dient de infiltratiebron in bedrijf te zijn.

Drukregeling

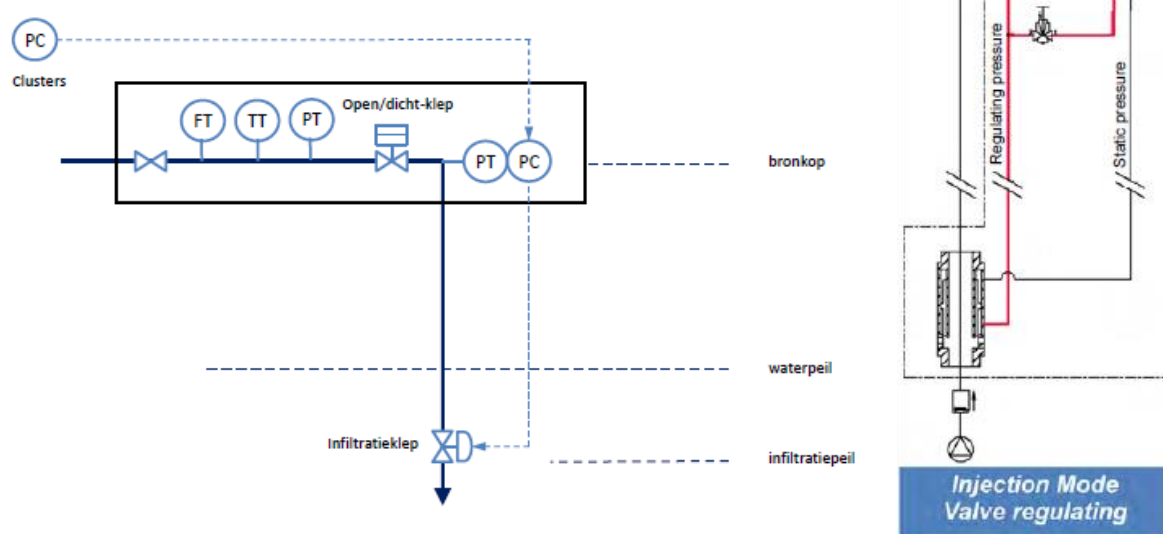
Met de minimum injectiedruk van 2 bar (op maaiveld niveau) kan het voorkomen dat het retourmijnwater van een cluster, dat elders voor energie-uitwisseling kan worden gebruikt, bij voorkeur direct naar de injectieput stroomt die in bedrijf is. In deze situatie is een hogere injectiedruk nodig, om het retourmijnwater van het cluster in de tegengestelde richting te laten stromen. De benodigde werkdrukken kunnen tot 6 bar oplopen. De drukken ontstaan voorkomend uit de flowregeling.

Het mijnwatersysteem stelt hoge kwaliteitseisen aan de injectiekleppen om aan de bovengenoemde functionaliteit te kunnen voldoen:

1. Hoge kwaliteit van het materiaal. Het mijnwater is corrosief. RVS316 is een absolute vereiste.
2. Plaatsing op grote diepte. Om ontgassing te voorkomen moet het injecteren van het mijnwater plaatsvinden op een diepte van 120 meter onder het maaiveld, ongeveer 30 meter onder het waterniveau.
3. Een groot capaciteitsbereik. De injectiekleppen moeten een stroom kunnen verwerken van 0 tot uiteindelijk meer dan 360 m³/h.
4. Injectiedruk van 2 tot 6 bar, die op afstand regelbaar moeten zijn.
5. Geschikt voor bidirectioneel gebruik. Tijdens de onttrekking van het mijnwater door een bronpomp moet de afsluiter volledig geopend zijn met een minimum aan drukverlies.
6. Volledig afsluitbaar in geval dat de andere infiltratiebron in bedrijf is.

7. Drukbestendig. Op een diepte van 120 m beneden het maaiveld en een maximale werkdruk van 6 bar aan het oppervlak kan er een druk van 18 bar optreden bij de injectieklep. Als de injectieklep volledig gesloten is kan de druk zelfs tot 24 bar oplopen.

Voor deze toepassing maakt Mijwater gebruik van de injectiekleppen van de firma Claval (Zwitserland). De kleppen zijn voorzien van een onafhankelijk hydraulisch drukregelsysteem met een eenvoudige schakelkast op maaiveld om de kleppen op grote diepte met een op afstand regelbare injectiedruk te kunnen regelen (Figuur 32).



Figuur 32: Principe injectieput en injectieklep

Meetsondes

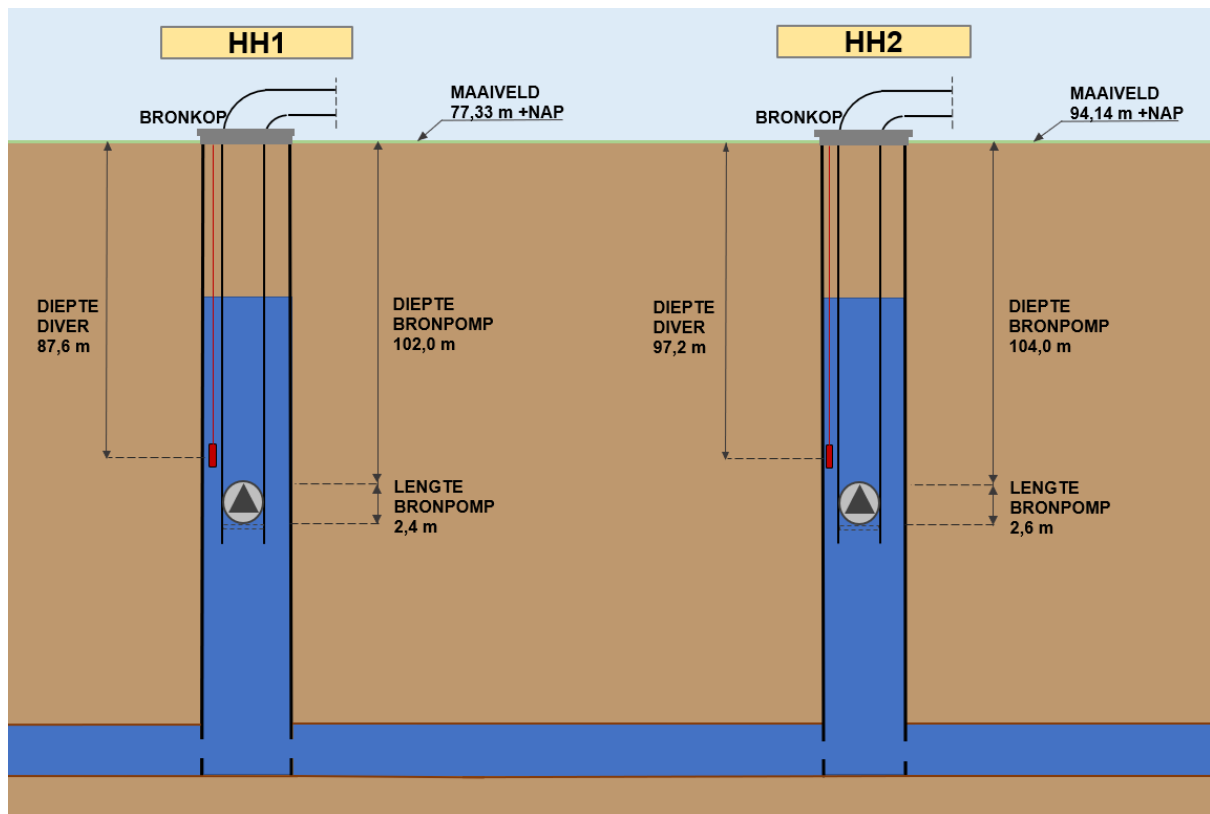
In figuur 33 is op schematische wijze de positie weergegeven van de meetsonde in de pompputten HH1 en HH2 is geplaatst. Deze meet de volgende data ten behoeven van de monitoring en halfjaarlijkse evaluatie van de mijnwaterreservoir door VITO:

- Temperatuur (°C);
- Geleidbaarheid (mS/cm);
- Druk [cm H2O]

Met behulp van de drukmeting en de positie van de meetsonde ten opzichte van de bronpomp wordt de gemiddelde en minimale druk onder de bronpomp bepaald.

Tijdens werkzaamheden heeft de meetsonde van HH1 in januari 2017 op maaiveld gelegen, waarna deze op 7 februari is teruggeplaatst. Echter deze blijkt niet diep genoeg te zijn terug geplaatst omdat deze is blijven vasthangen. De krappe positie tussen de casing en de buis was daar debet aan. De meetsonde zal bij de bidirectionele aanpassing van HH1 in het voorjaar van 2019 opnieuw gepositioneerd worden.

De rapportage van de druk aan TNO was derhalve niet correct. In Bijlage 5 zijn de rapportages van TNO opgenomen sinds 2016, daarin is de druk onder de bronpomp van HH1 vanaf februari 2017 gecorrigeerd op basis van de oorspronkelijke diepte van de meetsonde om een consistent verloop te verkrijgen. De oorspronkelijke diepte is in het schema weergegeven.



Figuur 33: Schematisch overzicht positie meetsondes HH1 en HH2

Historische productie

Op dit moment zijn 9 grootgebruikers aangesloten op het Mijwater netwerk. In Tabel 25 is de door het mijnwaterreservoir geleverde warmte en koude aan de verschillende gebouwen in de verschillende clusters en de door de mijnwaterputten geleverde warmte en koude aan de clusters weergegeven.

Gebouwen										
Warm	Cluster A					Cluster B			Cluster C	Totaal
	Arcus	APG	Rabo-bank	MAB	GGD	CBS	MK	SSC	HHC	Total
	[GJ]	[GJ]	[GJ]	[GJ]	[GJ]	[GJ]	[GJ]	[GJ]	[GJ]	[GJ]
2016	2.757	0	438	433	0	914	-	-	2.716	7.259
2017	2.433	0	438	504	0	914	2.109	-	2.965	9.363
2018	2.397	0	466	326	425	914	2.207	695	2.969	10.398

Clusters										
Warm	Clusters				Totaal					
	A	B	C	Total						
	[GJ]	[GJ]	[GJ]	[GJ]						
2015-2016	2.950	N.A.	2.716	5.666						
2016-2017	2.104	2.971	2.965	8.040						
2017-2018	3.071	3.402	2.969	9.442						

Koud	Cluster A					Cluster B			Cluster C	Totaal
	Arcus	APG	Rabo-bank	MAB	GGD	CBS	MK	SSC	HHC	Total
	[GJ]	[GJ]	[GJ]	[GJ]	[GJ]	[GJ]	[GJ]	[GJ]	[GJ]	[GJ]
2016	1.380	3.889	194	331	0	817	-	-	2.863	9.473
2017	2.132	5.288	194	245	0	817	2.881	-	2.359	13.916
2018	1.906	4.549	194	554	100	817	3.055	84	2.309	13.568

Koud	Clusters				Totaal					
	A	B	C	Total						
	[GJ]	[GJ]	[GJ]	[GJ]						
2015-2016	3.594	N.A.	2.863	6.457						
2016-2017	5.504	3.562	2.359	11.426						
2017-2018	4.789	3.580	2.309	10.679						

Tabel 25: Geleverde warmte en koude aan gebruikers en clusters

Het verschil tussen de totaal geleverde warmte en koude aan de gebouwen en de totaal geleverde warmte en koude aan de clusters is het resultaat van de directe uitwisseling van warmte en koude tussen de gebouwen binnen een cluster. Dit is exclusief de warmte- en koudeverliezen in de clusternetwerken. Deze worden op ca. 5 tot 10% geraamd.

In Tabel 26 zijn de historische jaarlijkse productie- en injectiegegevens van HH1 en HH2 (m³, GJ, temperatuur, vollasturen) van 2014 t/m 2018 weergegeven, zoals ook gerapporteerd aan TNO. De vollasturen zijn gebaseerd op de huidige maximale pompcapaciteit van de bron van 120 m³/h. Dit is ook voor de injectiecapaciteit aangehouden.

Jaar	Prod. Temp. (°C)	Infiltr. Temp. (°C)	Capaciteit prod. (m ³ /h)	Capaciteit infiltr. (m ³ /h)	Hoeveelheid (m ³) prod.	Hoeveelheid (m ³) infiltr.	Energie prod. (GJ)	Energie infiltr. (GJ)	Vollast uren prod. (hrs)	Vollast uren infiltr. (hrs)
2014	26,49	29,04	120	120	119.231	93.788	0	0	994	782
2015	27,24	25,94	120	120	194.978	34.220	7.165	1.176	1.625	285
2016	27,49	27,60	120	120	216.420	174.426	11.059	8.492	1.804	1.454
2017	27,42	27,45	120	120	231.299	192.014	11.498	8.132	1.927	1.600
2018	27,45	27,24	120	120	243.124	195.960	10.734	8.289	2.026	1.633

Tabel 26: Historische jaarlijkse productie- en injectie warmte HH1 en HH2

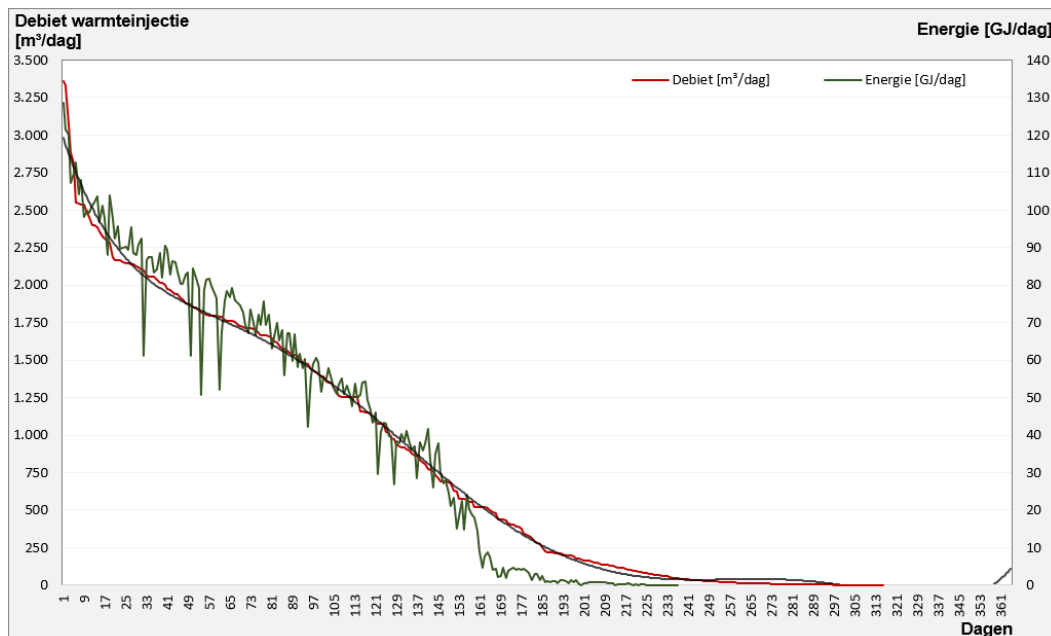
Op dit moment zijn ca. 200.000 m² aan gebouwen aangesloten op het Mijwater net. Hetgeen resulteert in een totaal door het mijnwaterreservoir geleverde warmte van ca. 10.700 GJ en 9.200 GJ aan koude per jaar in 2018. De koudelevering staat gelijk aan de injectie van warmte. Deels heeft de injectie van warmte plaatsgevonden in de HLN3 (< 500m). Het aantal vollasturen bedraagt momenteel ca. 1.960 uur voor warmte en 1.830 uur voor koude, gebaseerd op de hoogste dagpiek.

In Figuur 34 is het profiel voor warmteproductie op dagbasis weergegeven in GJ en m³. Dit is gebaseerd op de warmtelevering van HH1 in 2018, gecorrigeerd voor de levering ten behoeve van tijdelijke koeling in september 2018 van in totaal 23.600 m³.



Figuur 34: Profiel warmteproductie HH1 2018

In Figuur 35 is het profiel van warmteinjectie op dagbasis weergegeven in GJ en m³. Dit is gebaseerd op de koudelevering van HLN1 in 2017.



Figuur 35: Profiel koudeproductie HLN1 2017 = profiel warmteinjectie

De profielen in GJ en m³ lopen redelijk parallel op. De oorzaak van het verschil is dat de delta T van de uitkoeling/opwarming niet op elk moment gelijk is.

In Bijlage 5 zijn de maandcijfers vanaf 2016 opgenomen zoals gerapporteerd aan TNO, waarbij de druk onder de bronpomp van HH1 is gecorrigeerd (zie Meetsonde, pagina 55).

Prognose

In de komende 5 tot 6 jaar is een uitbreiding van het aantal aansluitingen voorzien tot meer dan 1.100.000 m² aan gebouwequivalenten, met een geprognoteerde levering van ca. 81.000 GJ aan warmte en ca. 57.000 GJ aan koude door het mijnwaterreservoir.

Voorzien is dat de pompcapaciteit van de bestaande putten HH1 en HH2 kan worden verhoogd van 120 naar 180 m³/h en dat minimaal één nieuwe put met een pompcapaciteit van 360 m³/h (HH3) wordt gerealiseerd, vergelijkbaar met de huidige koude bronnen HLN1 en HLN2.

In Tabel 27 is prognose van de totale jaarlijkse warmteproductie en warmteinjectie (m³, m³/h, GJ, temperatuur en vollasturen) voor de komende 6 jaar weergegeven. Daarbij is het profiel van de huidige warmteproductie en -injectie aangehouden zoals in Figuur 34 en 35 weergegeven.

Deze profielen mogen als conservatief voor de toekomst worden beschouwd. Door toenemende, gelijktijdigheid, uitwisseling en bovengronds additionele buffering zullen de vollasturen toenemen. Voor warmte wordt deze ingeschat op 2.700 uur per jaar en voor koude/ofwel injectie van warmte 2.000 uur per jaar of meer. Het profiel wordt vlakker. Dat betekent dat de geprognoteerde maximale capaciteit (720 m³/h) ruimte biedt voor verdere groei na 2024.

Jaar	Prod. Temp. (°C)	Infiltr. Temp. (°C)	Capaciteit prod. (m ³ /h)	Capaciteit infiltr. (m ³ /h)	Hoeveelheid (m ³) prod.	Hoeveelheid (m ³) infiltr.	Energie prod. (GJ)	Energie infiltr. (GJ)	Vollast uren prod. (hrs)	Vollast uren infiltr. (hrs)
2019	27,50	28,00	180	120	267.644	193.897	13.489	9.772	1.487	1.616
2020	27,50	28,00	180	120	322.305	227.490	16.244	11.465	1.791	1.896
2021	27,50	28,00	540	480	986.969	864.432	49.743	43.567	1.828	1.801
2022	27,50	28,00	600	540	1.254.293	970.957	63.216	48.936	2.090	1.798
2023	27,50	28,00	660	540	1.399.094	1.036.484	70.514	52.239	2.120	1.919
2024	27,50	28,00	720	600	1.609.006	1.137.861	81.094	57.348	2.235	1.896

Tabel 27: Prognose jaarlijkse totale productie- en injectie warmte 2019 t/m 2024

Voor de prognose van het volume (m³) en capaciteit (m³/h) van de bronnen is de geprognoteerde te leveren warmte (GJ) en thermische capaciteit (kW) maatgevend en de daarmee samenhangende vollasturen. Het benodigde volume en capaciteit zijn gebaseerd op een dT van 12K. Het verhogen van de dT behoort tot de optimalisatie stappen en kan regeltechnisch (procesbesturing en intelligente controle) worden beïnvloed. Tijdens piekvraag kan de dT tijdelijk worden verhoogd tot 15K of meer. Dit is niet meegenomen in de prognoses voor de warmteproductie en injectie.

De prognose laat een enorme groei zien tot een jaarlijkse warmteproductie van meer dan 1.600.000 m³ en een warmteinjectie van meer dan 1.100.000 m³. De huidige vergunning is begrenst op een onttrekking van maximaal 500.000 m³, gebaseerd op de toenmalige prognose van 2009 met een afzet van 20.000 GJ en het gebruik van het mijnwaterreservoir als geothermische bron (Mijnwater 1.0). Door de nieuwe bedrijfswijze als KWO (Mijnwater 2.0) kan de capaciteit echter enorm worden uitgebreid.

In de tabellen 28, 29 en 30 zijn de geprognoteerde jaarlijkse productie- en injectiegegevens (m³, m³/h, GJ, temperatuur en vollasturen) van de verschillende putten (HH1, HH2 en HH3) weergegeven.

Jaar	Prod. Temp. (°C)	Infiltr. Temp. (°C)	Capaciteit prod. (m ³ /h)	Capaciteit infiltr. (m ³ /h)	Hoeveelheid (m ³) prod.	Hoeveelheid (m ³) infiltr.	Energie prod. (GJ)	Energie infiltr. (GJ)	Vollast uren prod. (hrs)	Vollast uren infiltr. (hrs)
2019	27,50		120		261.756	0	13.193	0	2.181	-
2020	27,50		120		305.545	0	15.399	0	2.546	-
2021	27,50	28,00	150		505.328	0	25.469	0	3.369	-
2022	27,50	28,00	150		538.092	1.942	27.120	98	3.587	-
2023	27,50	28,00	150		540.000	5.182	27.216	261	3.600	-
2024	27,50	28,00	180		691.872	22.757	34.870	1.147	3.844	-

Tabel 28: Prognose jaarlijkse productie- en injectie warmte HH1 2019 t/m 2024

Jaar	Prod. Temp. (°C)	Infiltr. Temp. (°C)	Capaciteit prod. (m ³ /h)	Capaciteit infiltr. (m ³ /h)	Hoeveelheid (m ³) prod.	Hoeveelheid (m ³) infiltr.	Energie prod. (GJ)	Energie infiltr. (GJ)	Vollast uren prod. (hrs)	Vollast uren infiltr. (hrs)
2019	27,50	28,00	60	120	5.888	193.897	297	9.772	98	1.616
2020	27,50	28,00	60	120	16.760	227.490	845	11.465	279	1.896
2021	27,50	28,00	120	180	272.403	453.827	13.729	22.873	2.270	2.521
2022	27,50	28,00	120	180	387.576	472.856	19.534	23.832	3.230	2.627
2023	27,50	28,00	150	180	587.670	479.892	29.619	24.187	3.918	2.666
2024	27,50	28,00	180	180	659.692	477.902	33.248	24.086	3.665	2.655

Tabel 29: Prognose jaarlijkse productie- en injectie warmte HH2 2019 t/m 2024

Jaar	Prod. Temp. (°C)	Infiltr. Temp. (°C)	Capaciteit prod. (m ³ /h)	Capaciteit infiltr. (m ³ /h)	Hoeveelheid (m ³) prod.	Hoeveelheid (m ³) infiltr.	Energie prod. (GJ)	Energie infiltr. (GJ)	Vollast uren prod. (hrs)	Vollast uren infiltr. (hrs)
2019									-	-
2020									-	-
2021	27,50	28,00	270	300	209.237	410.605	10.546	20.695	775	1.369
2022	27,50	28,00	330	360	328.625	496.159	16.563	25.006	996	1.378
2023	27,50	28,00	360	360	271.424	551.409	13.680	27.791	754	1.532
2024	27,50	28,00	360	420	257.441	637.202	12.975	32.115	715	1.517

Tabel 30: Prognose jaarlijkse productie- en injectie warmte HH3 voor 2019 t/m 2024

Bij de verdeling van de productie is HH1 als primaire bron, HH2 als secundaire bron en HH3 als toekomstige tertiaire bron ingezet. Dat heeft te maken met de activering van het mijnwaterreservoir (kruiswijze doorstroming) en het feit dat HH1 is ingericht als start/stop bron en HH2 niet (Zie Winningsproces pagina 52). Vanuit efficiency oogpunt is ook het beter om eerste de kleinere bronnen in te zetten en dan pas de grote bron (HH3).

In de verdeling van de injectie is HH2 als primaire bron, HH3 als secundaire bron en HH1 als tertiaire bron ingezet in verband met de activering van het mijnwaterreservoir, waarbij HH3 ingezet kan worden om HH2 en HH1 te ontlasten om de stuwings bij HH2 en HH1 te beperken en zolang mogelijk op een maximale capaciteit van 120 m³/h te kunnen draaien (Zie Maximale injectiedruk en flow op pagina 64).

In bijlage 6 is de maandelijkse productie- en injectieprognose voor 2019 t/m 2024 van de diverse putten opgenomen.

In de tabellen 31 en 32 zijn de specifieke prognosedata van HH1 en HH2 weergegeven.

Put HH1	Prognose waarde
Debiet geproduceerd water (m ³ /h)	Max. 180 m ³ /h
Gemiddelde temperatuur van het productiewater, gewogen per volume, gemeten voor de warmtewisselaar (°C)	27 - 28 °C
Gemiddelde druk direct onder de pomp in productieput (bar *)	5,0 bar
Laagste druk direct onder de pomp in productieput (bar). **)	4,4 bar
Druk aan de putmond (brankop) van de productieput (bar)	Max. 10 bar
Verhouding hoeveelheid olie uit productieput indien onttrokken uit de aquifer (Sm ³ /m ³)	n.v.t.
Verhouding hoeveelheid gas uit productieput indien onttrokken uit de aquifer (Nm ³ / m ³)	n.v.t.
Verhouding hoeveelheid condensaat uit productieput indien onttrokken uit de aquifer (Sm ³)	n.v.t.
Hoeveelheid in de productieput ingebrachte inhibitor (l/m ³)	n.v.t.
Debiet geïnjecteerd water (m ³ /h)	Max. 180 m ³ /h (voorlopig)
Gemiddelde temperatuur van het injectiewater, gewogen per volume, gemeten tussen warmtewisselaar en de putmond (oC)	Min. 27 °C Max. 50 °C
Gemiddelde druk aan de injectieputkant van de injectiepomp (bar) ***)	Gem. toename waterpeil in put bij 120 m ³ /h 5,9 mWk
Gemiddelde operationele injectiedruk op reservoir niveau (bar) ****)	Gem. weerstand reservoir bij 120 m ³ /h 0,7 mWk
Maximale druk aan de injectieputkant van de injectiepomp (bar) ***)	Max. toename waterpeil in put bij 180 m ³ /h 12,8 mWk
Maximale operationele injectiedruk op reservoir niveau (bar) ****)	Max. weerstand reservoir bij 180 m ³ /h 1,1 mWk
Hoeveelheid in de injectieput ingebrachte inhibitor (l/m ³)	n.v.t.
aantal vollasturen per jaar (d)	2500 – 4000 uur per jaar
Prognose onttrokken warmte per jaar (GJ)	23.000 – 36.500 GJ per jaar bij dT = 12K
hoeveelheid benodigde elektrische energie (kWh)	COP ca. 20
Geïnstalleerd vermogen installatie (MW _{th})	Productie max. 3,15 MW _{th} bij dT = 15K
	Injectie max. 3,15 MW _{th} bij dT = 15K

Tabel 31: Prognose toekomstige productie en injectie HH1

Toelichting:

* De bronpomp hangt op een diepte van ca. 102 m onder de bronkop, ca. 56 m onder het huidige waterpeil in een drukloze put (open annulus). Tijdens productie vindt afpomping plaats. Bij een gemiddeld debiet van 120 m³/h bedraagt de afpomping ca. 5,9 m (zie Bijlage 2). Dat resulteert in een gemiddelde druk direct onder de pomp van ca. 50 mWk ofwel 5,0 bar.

** Bij maximaal debiet van 180 m³/h is de afpomping ca. 12,8 m. Dat resulteert in een minimale druk direct onder pomp van ca. 43 mWk ofwel 4,3 bar.

*** De put is drukloos (open annulus), maar door weerstand in het reservoir (lineair effect) en met name de put zelf (kwadratisch) ontstaat een drukverhoging die zich uit in een stijging van het waterpeil in de put.

**** De bijdrage van de weerstand van het reservoir in de stijging van het waterpeil is beperkt tot enkele meters.

Put HH2	Prognose waarde
Debiet geproduceerd water (m ³ /h)	Max. 180 m ³ /h
Gemiddelde temperatuur van het productiewater, gewogen per volume, gemeten voor de warmtewisselaar (°C)	27 - 28 °C
Gemiddelde druk direct onder de pomp in productieput (bar) *)	3,2 bar
Laagste druk direct onder de pomp in productieput (bar). **)	2,5 bar
Druk aan de putmond (brankop) van de productieput (bar)	Max. 10 bar
Verhouding hoeveelheid olie uit productieput indien onttrokken uit de aquifer (Sm ³ /m ³)	n.v.t.
Verhouding hoeveelheid gas uit productieput indien onttrokken uit de aquifer (Nm ³ / m ³)	n.v.t.
Verhouding hoeveelheid condensaat uit productieput indien onttrokken uit de aquifer (Sm ³)	n.v.t.
Hoeveelheid in de productieput ingebrachte inhibitor (l/m ³)	n.v.t.
Debiet geïnjecteerd water (m ³ /h)	Max. 180 m ³ /h (voorlopig)
Gemiddelde temperatuur van het injectiewater, gewogen per volume, gemeten tussen warmtewisselaar en de putmond (°C)	Min. 27 °C Max. 50 °C
Gemiddelde druk aan de injectieputkant van de injectiepomp (bar) ***)	Gem. toename waterpeil in put bij 120 m ³ /h 7,8 mWk
Gemiddelde operationele injectiedruk op reservoir niveau (bar) ****)	Gem. weerstand reservoir bij 120 m ³ /h 3,3 mWk
Maximale druk aan de injectieputkant van de injectiepomp (bar) ***)	Max. toename waterpeil in put bij 180 m ³ /h 15 mWk
Maximale operationele injectiedruk op reservoir niveau (bar) ****)	Max. weerstand reservoir bij 180 m ³ /h 4,9 mWk
Hoeveelheid in de injectieput ingebrachte inhibitor (l/m ³)	n.v.t.
aantal vollasturen per jaar (d)	2500 – 4000 uur per jaar
Prognose onttrokken warmte per jaar (GJ)	23.000 – 36.500 GJ per jaar bij dT = 12K
hoeveelheid benodigde elektrische energie (kWh)	COP ca. 20
Geïnstalleerd vermogen installatie (MW _{th})	Productie max. 3,15 MW _{th} bij dT = 15K
	Injectie max. 3,15 MW _{th} bij dT = 15K

Tabel 32: Prognose toekomstige productie en injectie HH2

Toelichting:

* De bronpomp hangt op een diepte van ca. 104 m onder de brankop, ca. 40 m onder het huidige waterpeil in een drukloze put (open annulus). Tijdens productie vindt afpompings plaats. Bij een gemiddeld debiet van 120 m³/h bedraagt de afpompings ca. 7,8 m (zie Bijlage 2). Dat resulteert in een gemiddelde druk direct onder de pomp van ca. 3,2 mWk ofwel 3,2 bar.

** Bij maximaal debiet van 180 m³/h is de afpompings ca. 15 m. Dat resulteert in een minimale druk direct onder pomp van ca. 2,5 mWk ofwel 2,5 bar.

*** De put is drukloos (open annulus), maar door weerstand in het reservoir (lineair effect) en met name de put zelf (kwadratisch) ontstaat een drukverhoging die zich uit in een stijging van het waterpeil in de put.

**** De bijdrage van de weerstand van het reservoir in de stijging van het waterpeil is beperkt tot enkele meters.

Maximale injectiedruk en debiet uit de WABO

In dit hoofdstuk is gevraagd om de maximale injectiedruk en het maximale debiet uit de WABO te benoemen zoals in Tabel 33 weergegeven.

Operationele begrenzing	waarde	dimensie
Max injectiedruk WABO	n.v.t.	bar
Max debiet WABO	n.v.t.	m ³ /h
Max injectiedruk SodM protocol	n.v.t.	bar
Max injectiedruk obv verbuizingsterkte	n.v.t.	Bar (thp)

Tabel 33: Operationele begrenzingen

Momenteel is geen WABO vergunning voor de putten van toepassing. Geldend zijn de voorwaarden uit de Mijnbouwvergunning en Grondwatervergunning.

In de Mijnbouwvergunning van EZK zijn geen beperkingen opgelegd met betrekking tot het maximale debiet voor de putten HH1 en HH2. De maximale gezamenlijke onttrekking is vastgelegd op 500.000 m³/jaar. Per saldo wordt er niets blijvend onttrokken. Er wordt ook weer geïnfilteerd.

In de Grondwatervergunning van de Provincie zijn geen beperkingen opgelegd met betrekking tot het maximale debiet voor de putten HLN1, HLN2 en HLN3. De maximale gezamenlijke onttrekking is vastgelegd op 1.000.000 m³ per jaar. Ook hier geldt per saldo wordt er niets blijvend onttrokken.

De jaarlijkse onttrekking van warm en koud mijnwater zijn gebaseerd op de toenmalige verwachte afzet van warmte en koude en het gebruik van het mijnwaterreservoir als bron (Mijnwater 1.0) zoals in het winningsplan van 2009 weergegeven.

De maximale injectiedruk is in beide vergunningen niet vastgelegd. Daarbij zal een rol hebben gespeeld dat het drukloze putten met een open annulus betreft, vergelijkbaar met KWO putten.

Operationele begrenzingen vanuit installatietechnisch oogpunt

Vanuit installatietechnisch oogpunt zijn de operationele begrenzingen tweeledig:

- Capaciteit mijnwater backbone
- Capaciteit mijnwater putten

Backbone

De huidige capaciteit van de mijnwater backbone is de eerste limitatie. De huidige maximale capaciteit is begrenst op ca. 300 m³/h. Daarbij is de warme leiding bepalend. De bestaande 3^e leiding (retour leiding) kan tevens worden ingezet als koude leiding. Uitbreiding van de backbone is nodig om de beoogde maximale capaciteit van 720 m³/h te kunnen realiseren. Dit zal gebeuren door het bijplaatsen van warme en/of koude leidingen met grotere diameter binnen hetzelfde huidige tracé.

Putten

Op dit moment is de productiecapaciteit van de warme diepe putten HH1 en HH2 begrenst door de maximale capaciteit van de bronpomp van 120 m³/h. Een toekomstige capaciteitsverhoging tot 180 m³/h wordt mogelijk geacht. De productiecapaciteit van de koude ondiepe putten HLN1 is begrenst op 240 m³/h. Een toekomstige capaciteitsverhoging tot 360 m³/h wordt mogelijk geacht. Dit geldt ook voor de koude put HLN2 als deze bidirectioneel wordt gemaakt (nu alleen injectie bron).

Installatietechnisch wordt de injectiecapaciteit begrenst door de capaciteit van de injectieklep en de stijghoogte in de put.

Injectieklep

Gezien de hoge statische voordruk van minimaal 8 bar is de potentiële injectiecapaciteit enorm hoog. In HH2 is een 4 inch injectieklep geplaatst. De Cv waarde is 155 m³/h bij 1 bar. In de huidige situatie is de beschikbare verschildruk ca. 8,5 bar (voordruk maaiveld min 2 bar + statische hoogte 65 mWK). In de eindsituatie (2040) is deze ca. 3,5 bar (voordruk maaiveld min 2 bar + statische hoogte 15 mWK). De maximale injectiecapaciteit bij minimale voordruk ligt daarmee tussen de 290 en 450 m³/h.

Bij het bidirectioneel maken van HH1 (voorjaar 2019) wordt eenzelfde klep ingebouwd. De statische hoogte is 17 m lager dan bij HH2. Daarmee ligt de injectiecapaciteit tussen de 200 en 400 m³/h.

In beide gevallen is de capaciteit van de injectieklep geen begrenzend factor bij een beoogde maximale injectiecapaciteit van 180 m³/h.

De koude put HLN2 is een 6 inch injectieklep geplaatst. Deze heeft een nog hogere injectiecapaciteit dan HH2 van 430 m³/h. In de praktijk mede begrenst door de capaciteit van het netwerk zal de maximale injectiecapaciteit ca. 480 m³/h gaan bedragen. Bij het bidirectioneel maken van HLN1 (gereed voorjaar 2019; nu alleen nog productie) is eenzelfde klep ingebouwd.

Maximale injectiedruk en flow

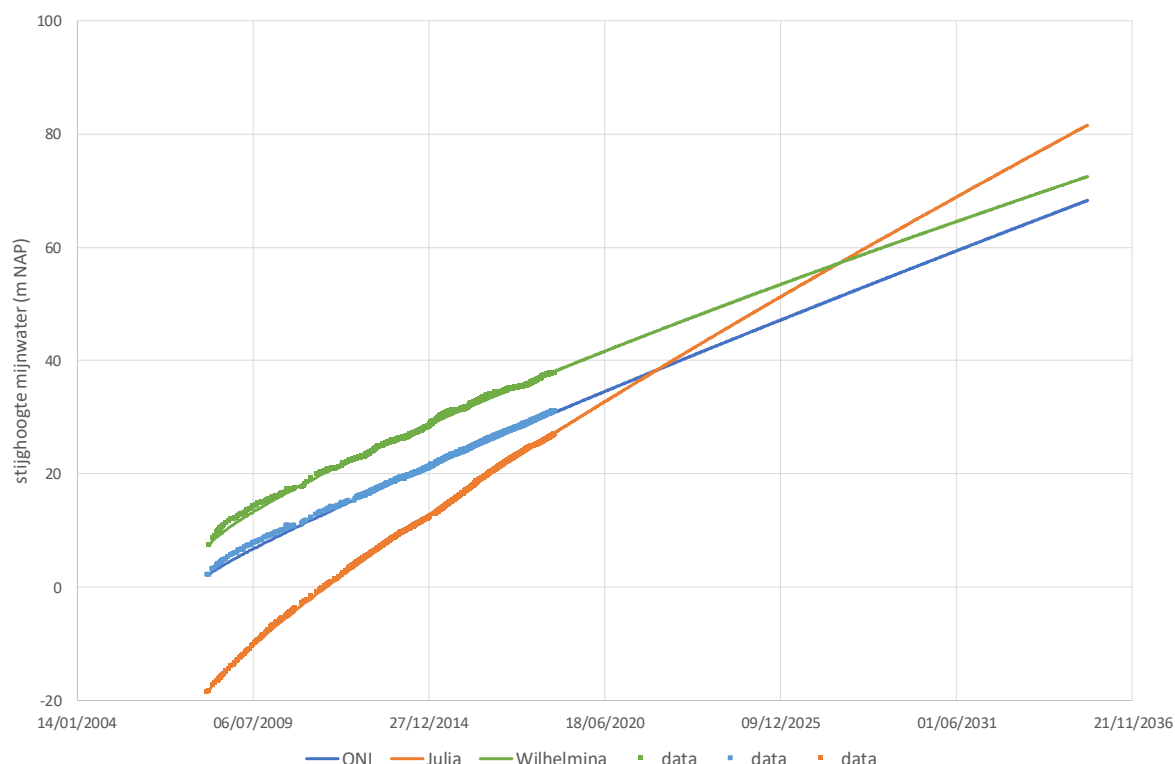
De huidige putten zijn drukloos. De annulus staat in open verbinding met de buitenlucht. In rust is het natuurlijk waterpeil bepalend.

Het waterpeil in de bronnen neemt door natuurlijke instroming van grondwater jaarlijks met ca. 2,5 meter per jaar toe. De toekomstige ontwikkeling wordt besproken in Matthijs et al. (2019) (zie Bijlage 2). De stijghoogte van het mijnwater in de vijf bronputten in rust loopt parallel met de stijghoogtes gemeten in de ON I schacht (Tabel 34). De verschillen tussen de stijghoogte gemeten in de putten en deze gemeten in de ON I schacht bedragen maximaal 1 m in HNL3. De verschillen tussen de putten zijn van de orde van grootte van de schommelingen die geobserveerd worden in het stijghoogteverloop van ON I ten gevolge van natuurlijke effecten zoals veranderingen in luchtdruk, getijden en neerslag. Een deel van de verschillen is terug te voeren op meetfouten.

Bronput	gemiddeld	mediaan	best fit
HH1	+0,38 m	+0,45 m	+0,55 m
HH2	-0,23 m	-0,25 m	-0,20 m
HLN1	+0,30 m	+0,04 m	+0,05 m
HLN2	+0,35 m	+0,31 m	+0,35 m
HLN3	-1,13 m	-0,68 m	-1,10 m

Tabel 34: Verschil in de stijghoogte van het mijnwater in de vijf bronputten op momenten dat deze niet in gebruik waren en de stijghoogte gemeten in de ON I schacht.

Figuur 36 en Tabel 35 tonen de verwachte ontwikkeling van de stijghoogte in de diverse schachten waaronder de ON 1.



Figuur 36: Gemeten en geëxtrapoleerde stijging van het mijnwaterniveau in schacht II van de ON I, schacht II van de Julia en schacht I van de Wilhelmina mijn.

	ON I	Julia	Wilhelmina	Willem (Domaniale)
30/6/2017	27,58	22,40	36,92	42,9*
30/6/2018	29,97	26,66	35,01	45,4*
30/6/2020	34,6	32,9	41,7	51,0
30/6/2025	44,2	49,9	52,5	63,6
30/6/2030	57,4	66,0	62,7	75,8
30/6/2035	68,3	81,6	74,4	87,4

Tabel 35: Gemeten en berekende stijghoogte van het mijnwater in schacht II van de ON I, schacht II van de Julia en schacht I van de Wilhelmina mijn. *: geïnterpoleerde waarde.

Volgens Matthijs et al. (2019) (zie Bijlage 2) wordt het maximale niveau bepaald door de meest oostelijke mijn (Willem Domaniale). Het niveau in deze mijn wordt bepaald door het hydrologische situatie in de vallei van de Würm. De hydraulische hoogte van de Würm bevindt zich rond 100 m NAP. Bij gelijkblijvend verhang in noordwestelijke richting resulteert dit in een maximale stijghoogte in de ON mijnen van 80 m NAP. Dit niveau wordt na verwachting na 2040 bereikt, een stijging t.o.v. 2018 van ca. 50 meter.

In Tabel 36 is het maaiveld niveau van de diverse putten in NAP, het huidige waterpeil (2018) en maximale toekomstige waterpeil (2040) en de maximale stuwings van de verschillende putten weergegeven.

	HH1	HH2	HLN1	HLN2	HLN3
Maaiveld	77,33	94,14	90,02	111,13	87,82
Peil 2018	30,52	29,77	30,02	30,32	28,87
Eindpeil 2040	80,55	79,80	80,05	80,35	78,90
dH max injectie	12,8 (180)	15 (180)	28,2 (240)	17,7 (480)	27,2 (360)

Tabel 36: Maaiveld hoogte en stijghoogte mijnwater putten (in rust) in NAP en stuwings injectie (dH) in mWk

De stijging van het natuurlijk waterpeil en stuwings tijdens de injectie zijn mede bepalend voor de maximale injectiecapaciteit. De maximale stuwings is overgenomen uit Tabel 21.

De effecten van het opvoeren van de debieten zullen verder worden onderzocht en kunnen leiden tot:

- Beperken maximale injectieflow;
- Aanpassingen aan de putten zodat deze onder druk bedreven kunnen worden;
- Bijkomende (productie- en) injectieputten;
- Opvoeren van de leveringscapaciteit door opslag van warmer ($>30^{\circ}\text{C}$) en kouder ($<15^{\circ}\text{C}$) water.

In algemene zin kan geconcludeerd worden dat HH2 de meest optimale warme injectiebron en HLN2 de meest optimale koude injectiebron is vanwege de hoogste maaiveld ligging en beperkte stuwings en dat HH1 en HLN1 vanwege hun maaiveld ligging en/of stuwings eerder hun maximale injectiegrens bereiken of aanvullende maatregelen behoeven.

Meegevoerd gas

De putten van aardwarmte Heerlen produceren geen aardgas (zie Putintegriteit pagina 20).

Duur van winning

Op 2 september 2008 is een aanvraag ingediend voor een winningsvergunning en op 12 oktober 2009 is aan de gemeente Heerlen door het Ministerie van EZ een winningsvergunning voor aardwarmte verleend voor een periode van 35 jaar ofwel tot het jaar 2044.

Een typische geothermieput zal binnen een dergelijke periode uitputten. Dat geldt niet voor de putten van Aardwarmte Heerlen omdat deze actief worden geregenereerd met de beschikbare restwarmte uit de regio (zie Algemene beschrijving/Mijnwater 2.0, pagina 16). Derhalve kan het mijnwater reservoir eeuwigdurend worden ingezet. Dat is ook het streven van Mijnwater B.V.. Belangrijk is dat er enige balans is ten aanzien van de warmte- en koude productie. In de huidige prognose is de warmteproductie (81.000 GJ) hoger dan de koude productie (57.000 GJ). Mijnwater B.V. is actief op zoek naar aanvullende restwarmtebronnen (koude verbruikers) om de balans te verbeteren. Vanwege de geothermische capaciteit is een volledige balans niet vereist.

Toekomstige ontwikkeling

Mijnwater B.V. verwacht een sterke uitbreiding van het mijnwatercapaciteit en hoeveelheden in de komende 6 jaren zoals ook in Tabel 27 aangegeven. Daarbij zal gestreefd worden om de bestaande warme putten HH1 en HH2 (> 500 m) en koude putten HLN1 en HLN2 (< 500 m) maximaal te benutten en de huidige collectieve injectieput HLN3 (< 500 m) in te zetten als warme productie- en injectieput, aangezien deze via opbraken verbonden is met de diepere ondergrond.

Indien nodig zullen 1 of 2 nieuwe warme diepe putten worden ontwikkeld en/of de bron HLN3 worden verdiept (> 500 m). Uitbreiding van het reservoir naar het ONII concessie gebied is ook een optie. Dit zal in de komende 3 jaren duidelijk worden.

Interferentie

Wat betreft interferentie is de geohydrologische balans van belang en de mogelijke interferentie met de grondwatervoerende lagen in het dekterrein en het mijnwater in andere mijnconcessie gebieden.

Op verzoek van SodM is in het kader van de putintegriteit door Vito een studie uitgevoerd naar geologische en hydrogeologische basis van het Mijnwaterproject in Heerlen, waarin dit is onderzocht. Het rapport is als Bijlage 2 toegevoegd. Hieronder is de samenvatting uit dit rapport ten aanzien van het geohydrologische basis overgenomen.

Geohydrologisch gezien kan er een opdeling gemaakt worden in een eerste grondwatersysteem gekoppeld aan de sedimenten van de Noord Zee Groep, een tweede grondwatersysteem gekoppeld aan de gesteenten van de Krijt Groep en het mijnwatersysteem in het gangenstelsel van het gemijnde Carboon gesteente. Het mijnwatersysteem wordt gevoed door insijpelend water vanuit de dekterreinen, door water afkomstig uit de gesteenten van het steenkoolterrein zelf en lokaal door dieper hydrothermaal water. Sinds het stoppen van de mijnactiviteiten stijgt het niveau van het mijnwater. Deze stijging heeft ervoor gezorgd dat een groot deel van de oude mijninfrastructuur volledig onder water staat. Enkel in het zuidoosten van het concessiegebied en de onmiddellijke omgeving zijn de mijnen slechts deel gevuld.

Uit grondwaterpeilingen in filters die reiken tot in het steenkoolterrein blijkt dat het mijnwaterniveau in het westen van het concessiegebied boven het topvlak van de Carboon gesteenten staat. Het mijnwater staat daar in contact met het water uit het tweede grondwatersysteem van de Krijt Groep. Grondwaterpeilingen in sedimenten van de Krijt Groep tonen aan dat de stijging van het mijnwater sinds de stoppen van de steenkoolontginning geleid heeft tot een stijging van het grondwaterniveau in het tweede aquifersysteem. Dit heeft lokaal ook reeds tot stijgingen van het grondwaterniveau in de Formaties van Tongeren en Rupel van het eerste systeem geleid. Met uitzondering van 2 grondwaterpeilingen net ten westen van het concessiegebied, kan er op basis van een honderdtal grondwaterpeilingen in het concessiegebied en de onmiddellijke omgeving, op dit moment niet gesteld worden dat het freatisch grondwateroppervlak ook reeds onderhevig is aan stijging als gevolg van het stijgende mijnwater. Op basis van de evolutie van de stijghoogte van het mijnwater gemeten in verschillende mijnschachten en de nog bestaande open verbindingen tussen de verschillende mijnen kan gesteld worden dat momenteel het mijnwater vanuit de Wilhelmina mijn in noordwestelijke richting naar de ON mijnen stroomt. Vanuit de ON mijnen is er momenteel een uitstroom van mijnwater langs de Laura mijn in de richting van de Julia mijn. Op basis van de geëxtrapoleerde evolutie van de stijging van het mijnwaterniveau in de Julia mijn zal deze stroming omkeren in 2022 en zal dit resulteren in een bijkomende instroom van mijnwater in de ON mijnen.

Op basis van de observaties uit de pomproeven en de reguliere winning in de verschillende pompputten van het mijnwatersysteem en peilmetingen in de mijnschachten blijkt dat de productie en injectie van mijnwater geen significante invloed heeft op de mijnwaterniveau.

Sinds de start van de pomproeven in 2006 en de reguliere winning nadien volgt het peil van het mijnwater in de verschillende putten nog steeds de regionale stijging van het mijnwater gemeten voorafgaand aan de in bedrijf stelling. Na stoppen van productie of injectie herstelt het mijnwaterniveau in elke pomp put zich vlot naar het oorspronkelijk niveau.

Elke pomp put heeft evenwel zijn eigen karakteristieken wat afpompings betreft, gekoppeld aan de put specifieke opbouw (doormeter, lengte, filter) en de karakteristieken van het aangeboorde mijngangenstelsel (met name: de diameter en staat van de mijngang en de mate waarin hij geconnecteerd is met andere mijngangen en afgebouwde zones). Pompdebieten tot 90 m³/h bij

pomp putten HH1 en HLN2 resulteren in slechts kleine stijghoogte veranderingen van het mijnwater-niveau. Deze veranderingen kunnen terug gebracht worden tot effecten als gevolg van luchtdruk-veranderingen en effecten als gevolg van stromingsweerstand gekoppeld aan de opbouw van de pomp put. Pomp put HH2 heeft veranderingen in stijghoogte van het mijnwater tot 9,0m bij een debiet van 110m³/h. Deze verandering kan slechts deels (3,5 m bij een debiet van 120m³/h) toegeschreven worden aan effecten ten gevolge van de stromingsweerstand van de put. Ook voor pompputten HLN1 en HLN3 kunnen de veranderingen in stijghoogte van 23,0m en 17,0m bij productie respectievelijk injectie tot 230m³/h slechts partieel teruggebracht worden tot effecten als gevolg van wrijving (respectievelijk 1,00m en 3,50m bij een debiet van 240m³/h). Mogelijk zijn deze verschillen in verandering in stijghoogte van het mijnwater gedurende het in bedrijf zijn een gevolg van de put specifieke locatie binnen het mijngangenstelsel.

Gebaseerd op de oude mijnkaarten werd een open pipe flow model opgesteld van het ON mijn reservoir. Op basis van het model van de mijngangen werd met behulp van de EPANET-code de impact van het rondpompen van water op het mijnwaterreservoir naar stroomrichting, debiet, stroomsnelheid en druk geëvalueerd. Hieruit blijkt dat het mijnwater tijdens productie/injectie in bijna alle gangen in beweging komt. Afhankelijk van de in bedrijf gestelde putten zal het mijnwater in bepaalde delen van het mijnreservoir in meerdere of mindere mate deelnemen aan de stroming en zal deze stroming een andere zin hebben. In het merendeel van het reservoir bedraagt de berekende stroomsnelheid niet meer dan 1 m/h. Rond de pompputten kunnen hogere snelheden ontstaan in het geval de doormeter van de gangen waarop deze aansluiten klein is. Ook deze snelheden blijven beperkt en overschrijden zelden 50 m/h. Terwijl productie in pompputten HH1 en HLN1 het mijnwater voornamelijk in het centrale gebied rond de ON I en ON III mijnen in beweging zet, zorgt het produceren in pomp put HLN2 ook voor beweging in het gangenstelsel van de ON II en ON IV mijnen. ***Drukveranderingen in knooppunten tussen mijngangen blijven beperkt in vergelijking tot de natuurlijke hydrostatische druk die er heerst en zijn bijgevolg nauwelijks waarneembaar.***

De samenstelling van het mijnwater in de verschillende bronnen is in overeenstemming met de zonering die vermeld wordt door Kimpe (1963). Het water uit de diepe bron HH1 toont een Na-Cl-HCO₃ signatuur die typisch is voor de diepere delen van de ON mijnen. Het water uit bronput HNL2 is rijker aan Ca(Mg)-bicarbonaat en armer aan NaCl dan het water uit HH1. Het correspondeert met water uit zone II van Kimpe. Het water dat initieel wordt opgepompt uit HNL1 is nog zoeter en is relatief zacht. Het wijst op insijpeling van zacht, zoet water uit het dekterrein. Deze “zoete” signatuur verdwijnt echter snel wan zodra water opgepompt wordt uit HNL1. Tijdens de productie lijkt er vooral water uit zone II (gelijkaardig aan de samenstelling aangetroffen in HLN2) toe te stromen. Vanaf 2017 loopt het zoutgehalte in de drie bonnen vrijwel gelijk. Het meest significant is de vermindering van het chloridegehalte van de concentratie van Na, Ca, Mg en K in de diepe bron. De ionen-verhoudingen wijzen op een blijvend sterkere invloed van het Krijt-aquifersysteem in de ondiepe bronnen dan in HH1. ***De invloed van de winning op de stratificatie in het mijnreservoir blijkt dan ook beperkt te zijn.***

Bodembeweging

Bodemdaling

De exploitatie van het mijnwaterreservoir impliceert het oppompen en injecteren van gelijke watervolumes. De productie en injectie vindt plaats in open mijngangen. Uit de resultaten van de puttesten en de data uit de reguliere winning blijkt dat de ondergrondse werken van de ON mijnen een artificieel reservoir vormen. De belangrijkste stroompaden worden gevormd door de mijngangen en opbraken. Ze vormen een goed geconnecteerde netwerk met een geschat watervolume van 2,2 miljoen m³ (Tabel 20, zie ook Bijlage 2).

De grote hydraulische diameter van de aangeboorde gangen resulteert in hoge productie- en injectie-indexen voor de vijf putten (Tabel 24). Wanneer de putten niet in gebruik zijn is de stand van het mijnwaterniveau gelijk aan de stijghoogte geobserveerd in schacht II van de ON I. Dit wijst er op dat de gangen deel uitmaken van hetzelfde hydraulische systeem: ze zijn met elkaar verbonden zoals besproken in Matthijs et al. (2019) (zie Bijlage 2). De productiedata toont bovendien aan dat er geen gestage drukopbouw of -verlaging plaatsvindt gedurende langdurige productie of injectie. Dit duidt er op dat de putten contact maken met een groot watervolume en/of op een goede hydraulische connectie tussen de putten. De observaties wijzen er op dat er geen blijvende drukopbouw door injectie rond één van de putten plaatsvindt. Er zijn is dan ook geen bodemdaling te verwachten ten gevolge van de exploitatie van het reservoir.

Inventarisatie van gevaar op bodemtrillingen- Quick-Scan

Dit hoofdstuk behandelt het seismisch gevaar en risico van de exploitatie van het mijnwaterreservoir. De analyse volgt de methodologie die werd uitgewerkt door Baisch et al. (2016) en de richtlijnen verstrekt door DAGO op 21/12/2008.

Allereerst worden de scoringsvragen van de Quick-Scan besproken waarna een evaluatie van de scoringsparameters plaatsvindt om te komen tot een waardering met behulp van QS-scoringstabel.

Quick-Scan scoringsvragen

Afstand tot grote breuksystemen en circulatie door bestaande breuken

Uit het hoger gesproken structurele kader blijkt dat het mijnwaterreservoir doorsneden wordt door een reeks breuken. Een bespreking van de structurele elementen wordt gegeven in Matthijs et al. (2019) (zie Bijlage 2). In grote lijnen kan onderscheid gemaakt worden tussen “oude” Hercynische structuur en de veel jongere structuur van de Roerdalslenk. De Hercynische structuur wordt bepaald door enkele NO-ZW georiënteerde open plooien en een reeks NO-ZW georiënteerde overschuivingen, op- en afschuivingen gekoppeld aan het front van de Hercynische gebergtevorming. Op de jongere structuur van de Roerdalslenk bestaat uit een reeks NW-ZO georiënteerde afschuivingsbreuken die de gesteenten van het dekterrein doorsnijden en ook in de gesteenten van de Limburg Groep worden aangetroffen.

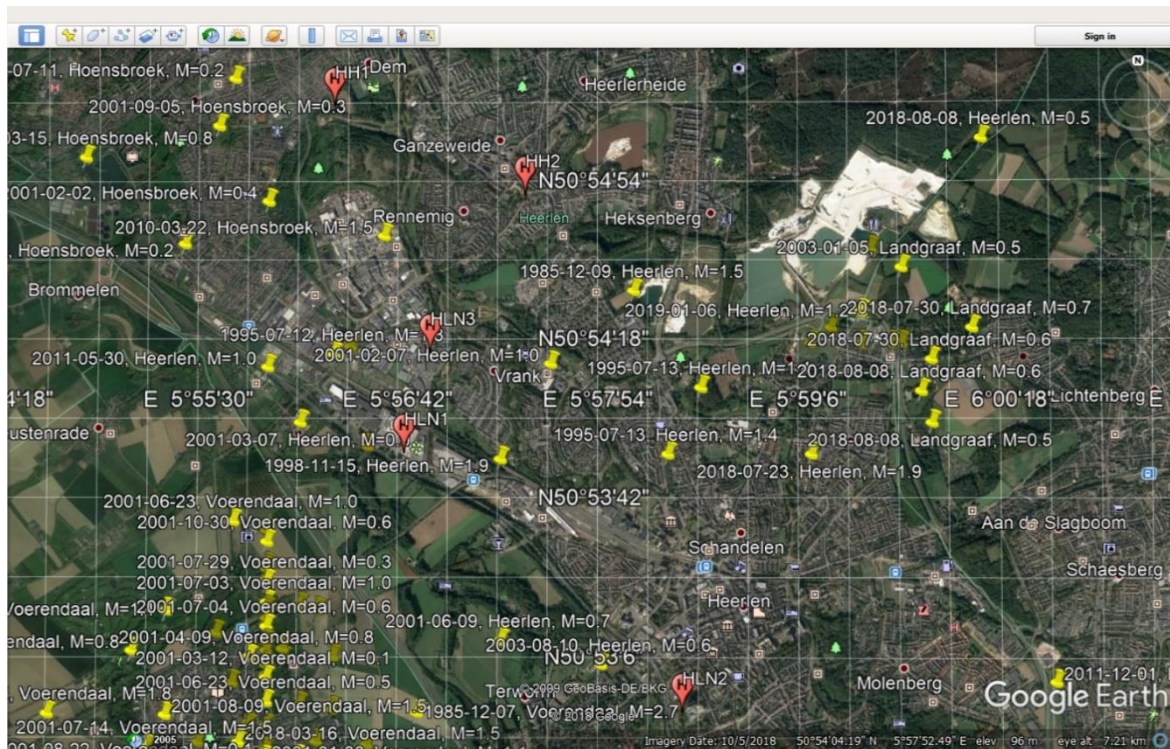
Positionering ten opzichte van tektonisch actieve gebieden

Concessie Heerlen ligt op de zuidwestelijke schouder van de Roerdalslenk. De regio is seismische actief. Het bevindt zich op de grens tussen seismisch gebied 7 – Roerdalslenk en seismisch gebied 8 – Oostelijke Kempen (Vanneste et al., 2009).

Natuurlijke of geïnduceerde seismische activiteit in de regio

De databank van het KNMI toont dat er in de regio Heerlen regelmatig natuurlijke aardbevingen voorkomen (Figuur 37). De magnitude ligt meestal tussen 0 en 2 M_I. De meest recente aardbeving deed zich voor in januari 2019 in Heerlen. Ze had een magnitude van 1,2 M_I. In de periode juli –

augustus 2018 deed zich een reeks aardbevingen voor Landgraaf, de sterkste met een magnitude van 1,9 M_L .



Figuur 37: Locaties van natuurlijke aardbevingen in de regio Heerlen (bron: www.knmi.nl)

In het gebied worden door het KNMI geen geïnduceerde aardbevingen gerapporteerd.

Evaluatie scoringsparameters Quick-Scan

Connectie met de kristallijne sokkel

De injectie vindt plaats in mijngangen van de ON mijnen op een diepte die varieert van -132,7 m NAP (HLN1) en -609,1 m NAP (HH1). Op basis van de geologie van het gebied ligt de basis van het Carboon (Limburg Groep en Kolenkalk Groep) naar schatting op een diepte van minimaal -1700 m NAP in het zuiden van het concessiegebied en minimaal -2350 m NAP in het noorden. Onder het Carboon volgen afzettingen de Banjaard Groep (Van Adrichem & Kouwe, 1997). De afzettingen van de Banjaard Groep rusten discordant op het Caledonische basement. De dikte van deze afzettingen in het gebied is ongekend, maar op basis van de informatie uit de regio's Aachen en Luik – Verviers kan een dikte van meerdere honderden verondersteld worden. De top van het Caledonische basement schatten we daardoor op minimaal -2450 m in het zuiden en -3100 m in het noorden van het concessiegebied. De afstand tussen het injectiepunt en het Caledonische basement schatten we daarmee op minimaal -2500 m voor de twee warme bronnen, minimaal -2600 m voor HLN2 en minimaal -2800 m voor HLN1 en HLN3.

Afstand van de injectiepunten tot de meest nabije breuk

De mijnkaarten geven een heel gedetailleerd beeld van de opbouw van de Caumer Subgroep in het gebied en van de locatie van breuken. Met uitzondering van de locatie voor HLN2 tonen de mijnkaarten geen belangrijke breuken in de omgeving van de putlocaties.

Boring HLN2 toont aanwijzingen voor breuken in het interval tussen 16 m NAP -35 m NAP. Deze breukzone correspondeert met de Oranje storing op de subcropkaart van Patijn (1961). De filter bevindt zich op een diepte van -135 m NAP. (van Tongeren, 2008)

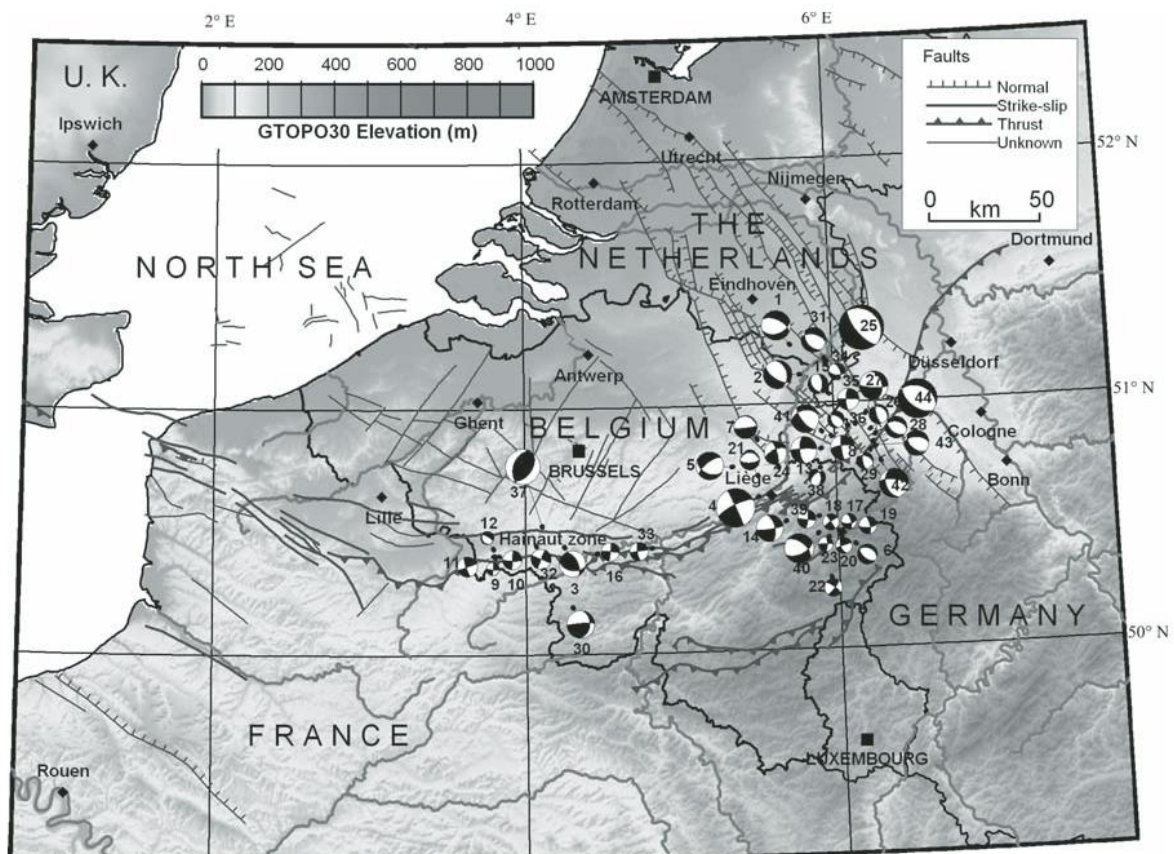
HH1 ligt op ca. 150 m van de 70 meter storing. In de boring werden geen aanwijzingen gevonden voor de aanwezigheid van breuken (van Tongeren, 2006)

HH2 ligt op ca. 300 m van de Heerlerheide storing en op 145 m van een satellietbreuk van de Heerlerheide storing. In de boringen werden geen aanwijzingen voor breuken gevonden (van Tongeren, 2006)

Oriëntatie van de breuken in het natuurlijke spanningsveld

De kleinste horizontale stressrichting binnen de seismisch gebied 7 (Vanneste et al., 2008) staat ongeveer loodrecht op de ZO-NW georiënteerde slenkbreuken (Figuur 38). De voornaamste slenkbreuken binnen het concessiegebied zijn de Heerlerheide, de Richterich en de Benzenrader storing. Zij zijn ongeveer opgelijnd volgens $S_{h,max}$ (oriëntatie t.o.v. $S_{h,max}$: 0 – 25°; categorie: favorable)

De Oranje storing en de 70 meter storing zijn ongeveer loodrecht georiënteerd op de slenkrichting. Zij bevinden zich in een stabiele situatie binnen het huidige stressveld (oriëntatie t.o.v. $S_{h,max}$: 70 – 90°; categorie: locked)



Figuur 38: Kaart met de belangrijkste geologische structuren, de locatie van aardbevingen en hun mechanisme (Camelbeeck et al., 2007).

Afstand van de putten tot het epicentrum van natuurlijke aardbevingen

Met uitzondering van HH1 bedraagt de afstand tot het meest nabije epicentrum van een natuurlijke aardbeving minder dan 1000 m.

Afstand van de putten tot het epicentrum van geïnduceerde aardbevingen

Het KNMI rapporteert geen geïnduceerde aardbevingen binnen een straal van 5 km rond het concessiegebied.

Netto geïnjecteerde volume

Bij de exploitatie van het reservoir wordt het opgepompte water gelijktijdig geïnjecteerd in één of meer putten. Het verschil tussen het opgepompte en geïnjecteerde volume is nul.

Drukcommunicatie tussen de putten

Pompproeven en data uit reguliere winning tonen geen significante invloed bij productie of injectie op het mijnwaterniveau. Bij het uit bedrijf stellen keert het mijnwater in de verschillende pompputten vlot terug naar de oorspronkelijke toestand. Deze toestand blijft over de jaren heen in alle putten de regionale stijging van het mijnwater gemeten in de ON I schacht te volgen. In rust is er geen noemenswaardig verschil in stijghoogte tussen de putten en de ON I schacht (Tabel 34). Dit wijst er op dat de aangeboorde gangen en de schacht deel uitmaken van een verbonden waterbekken.

Injectiedruk

Alle putten worden drukloos bedreven: er wordt geen druk gezet om het water te injecteren. De stijging van het waterniveau in de putten tijdens injectie is voldoende om het water in het reservoir te injecteren. Bij de huidige maximale debieten bedraagt de stijging in waterniveau maximaal 28 m of omgerekend 0,27 MPa (Tabel 21).

Debiet

Het rondgepompte debiet varieert tussen 0 en 240 m³/h. Op termijn zal het debiet verhoogd worden tot maximaal 720 m³/h tijdens de levering van warmte en tot 720 m³/h voor de levering van koude. De debieten zijn verdeeld over de verschillende putten. Het maximale productie- en injectiedebiet bedraagt momenteel 120 m³/h voor HH1 en HH2. Dit zal in de toekomst verhoogd worden tot maximaal 180 m³/h. Verder is een derde warme bron (HH3) voorzien met een capaciteit gelijk aan de koude bronnen HLN1 en HLN2. Hiervoor zou ook de bestaande injectiebron HLN3 kunnen worden ingezet, aangezien deze met opbraken verbonden is met het dieper gelegen warme deel van het mijnwaterreservoir. Het huidige maximale productiedebiet voor HLN1 en HLN2 bedraagt 240 m³/h. Dit zal in de toekomst verhoogd worden tot 360 m³/h. Het maximale injectiedebiet voor HLN1 is voorzien tot 240 m³/h. Voor HLN2 is een injectiedebiet tot 480 m³/h voorzien (zie ook Maximale injectiedruk en flow, pagina 66).

De verdeling van de debieten over de putten is bepaald op basis van de injectie- en productiekaracteristieken en heeft tot doel de impact op de stijghoogte van het mijnwater in het reservoir te beperken. Bij de hierboven vermelde verdeling bedraagt verandering in stijghoogte bij maximale toekomstige productie van 720 m³/h ca. 5 m (Tabel 21). Dit komt overeen met een drukverandering van ca. 0,05 MPa.

De maximale drukverandering is klein en van dezelfde orde van grootte dan natuurlijke toename in waterdruk door de stijging van het mijnwater (Matthijs et al., 2019) (zie Bijlage 2). De impact van het debiet op de spanningscondities die inwerken op de breuken beschouwen we daarom als verwaarloosbaar.

In voorgaande hoofdstukken zijn de gegevens, geologische en operationele onderwerpen die betrekking hebben op het geothermische systeem uitgebreid beschreven en gedocumenteerd. Voor het beantwoorden van de bovenstaande vragen kan voor onderbouwing en argumentatie naar de relevante voorgaande hoofdstukken en paragrafen.

Resultaten Quick-scan

De bovenstaande observaties werden gebruikt om de QS-scoringstabel in te vullen. Tabel 37 geeft de resultaten van de quick-scan voor de putten in Heerlen weer. Omdat elk van de putten voor productie en injectie benut kan worden, werd een score per put berekend. De scores variëren tussen 0,19 en 0,33. Het seismisch risico kan bijgevolg als laag in ingeschat worden.

score	basement connected	interwell pressure communication	re-injection pressure [MPa]	circulation rate [m³/h]	epicentral distance to natural earthquakes [km]	epicentral distance to induced seismicity [km]	Distance to fault [km]	orientation of fault in current stress field	net injected volume [1000 m³]
10	yes	no	> 7	> 360	< 1	< 1	< 0.1	favorable	> 20
7	possible	unlikely	4 - 7	180-360	1 - 5	1 - 5	0.1 - 0.5	shearing possible	5 - 20
3	unlikely	likely	1 - 4	50-180	5 - 10	5 - 10	0.5 – 1.5	shearing unlikely	0.1 - 5
0	no	yes	< 1	< 50	> 1	> 10	> 1.5	locked	< 0.1
Score	0 - 3	0	0	0*	7 - 10	0	7-	0 / 10	0
normalised score (S) is								0,19 – 0,33	

Tabel 37: QS-Scoringstabel

* Waarde beargumenteerd op basis van de geringe effecten van de injectie op de druk in de mijngangen en de goede connectiviteit tussen de putten.

Nadelige gevolgen

Bodembewegingen als gevolg van de mijnwaterbenutting zijn niet aan de orde. Derhalve heeft de mijnwaterbenutting geen significante nadelige gevolgen voor natuur, milieu en omwonenden.

De bodembewegingen in de regio worden veroorzaakt door het natuurlijke stijging van het mijnwater. Deze wordt door de mijnwaterbenutting niet beïnvloed zoals ook in de samenvatting van de door Vito uitgevoerde studie naar geohydrologische basis (zie Bijlage 2). Enkele quotes uit de samenvatting (zie ook Interferentie op pagina 67):

- Op basis van de observaties uit de pomproeven en de reguliere winning in de verschillende pompputten van het mijnwatersysteem en peilmetingen in de mijnschachten blijkt dat de productie en injectie van mijnwater geen significante invloed heeft op de mijnwaterniveau.
- Drukveranderingen in knooppunten tussen mijngangen blijven beperkt in vergelijking tot de natuurlijke hydrostatische druk die er heerst en zijn bijgevolg nauwelijks waarneembaar.

CAPEX – OPEX

Mijnwater B.V. levert op verzoek van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat het in bijlage 7 opgenomen CAPEX -OPEX overzicht aan voor de periode tot en met 2044. Dit is een toevoeging op het op 12 april 2019 ingediende verzoek tot instemming met het Winningsplan Heerlen.

Het verzoek om deze extra financiële informatie voor de doorontwikkeling en exploitatie kwam van de heer Kuiper in een mail aan de heer Verhoeven gedateerd 1 mei 2019 met als onderwerp: 190501 Beoordeling ontvankelijkheid WP Heerlen.

In het CAPEX – OPEX overzicht zijn de historische investeringen en de ontwikkelplannen van Mijnwater voor de komende 5 jaar meegenomen van de bronnen, backbone en clusterinstallaties. Het betreft zowel de diepe bronnen voor warmte (> 500 m) als de ondiepe bronnen voor koude (< 500 m). De ondiepe bronnen als ook het koude deel van het netwerk vallen weliswaar niet onder het bevoegd gezag van EZK/SodM, maar zijn natuurlijk wel onlosmakelijk met elkaar verbonden. Vandaar dat we dit niet gesplitst hebben.

De prognose voor de komende 5 jaar is meegenomen en vertaald naar een investeringsbegroting per jaar en per onderdeel van het net (bronnen, backbone, clusterinstallaties). De lange termijn doorkijk is nog erg afhankelijk de verdere opschaling van het project. Vandaar dat in samenspraak met de heer Kuiper is besloten om het model na 5 jaar een "steady-state" te brengen qua ontwikkeling en exploitatie.

Het overzicht is conform aanvraag gefocust op de investeringen (CAPEX) en de directe operationele kosten (OPEX) en biedt een duidelijke beeld van de ontwikkeling van de aanschafwaarde van de verschillende componenten. De OPEX is geïndexeerd met een jaarlijkse inflatie van 2.0%.

Referenties

Baisch S., Koch C., Stang H., Pittens B., Drijver B., Buik N., 2006. Defining the Framework for Seismic Hazard Assessment in Geothermal Projects V0.1 - Technical Report. 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”.

Rossman, 2000. EPANET 2 USERS MANUAL. Water Supply and Water Resources Division National Risk Management Research Laboratory Cincinnati, OH 45268, EPA/600/R-00/057

Van Adrichem Boogaert, H.A. & Kouwe, W.F.P., 1997. Banjaard Groep. In: Stratigraphic Nomenclature of the Netherlands

Patijn, 1961. Overzichtskaart Carboon-oppervlak Limburgs Mijngebied. Geologisch Bureau voor het Mijngebied.

Vanneste K., Camelbeeck Th., De Vos W., Degrande G., Duser M., Haegeman W., Schevenels M., Vancampenhout P., Van Dyck J., Verbeeck K., 2009. Compilatiestudie betreffende de seismiteit in Vlaanderen – Samenvatting. Studie voor LNE – ALBON VLA07-4.2, 30p.

Camelbeeck Th., Vanneste K., Alexandre P., Verbeeck K., Petermans T., Rosset P., Everaerts M., Warnant R., Van Camp M., 2007. Relevance of active faulting and seismicity studies to assessments of long-term earthquake activity and maximum magnitude in intraplate northwest Europe, between the Lower Rhine Embayment and the North Sea. In Stein S. & Mazotti S. (eds.), Continental Intraplate Earthquakes: Science, Hazard and Policy Issues. Geological Society of America Special Paper 425, 193-224.

van Tongeren, 2008. The Heerlen Minewater-project: Geology of the Heerlen-1, -2 & -3 wells. VITO 2008/MAT/R/070

van Tongeren, 2006. The Heerlen minewater-project: geology of the Heerlerheide-1 & -2 wells. VITO 2006/MAT/R/0131

Bijlages

1. Risicomatrix
2. Rapport VITO Geologische en Geohydrologische Basis Mijnwater Heerlen
3. Kadastrale ligging putten
4. End of Well report HH1 & HH2
5. Rapportage TNO
6. Maandelijkse productie- en injectieprognose putten 2019 t/m 2024
7. CAPEX – OPEX overzicht 2019 t/m 2044