

Beperkte verspreiding

(contract 071729)

**Studie best beschikbare boortechnieken en
evaluatie geschikte hydrothermische technieken in Brussel:
aanvraag, kritische analyse en milieuexploitatievoorwaarden**

Eindrapport

J. Desmedt, G. Draelants (IF Flanders)

Studie uitgevoerd in opdracht van BIM



2009/ETE/R/...

VITO

Februari 2009

VERSPREIDINGSLIJST

-	BIM	: 5 exemplaren
-	Secretariaat energie	: 2 exemplaren
-	VITO	: 5 exemplaren
	Totaal	: 12 exemplaren

SAMENVATTING

Het BIM heeft de onderzoeksinstelling VITO te Mol aangeduid om de studie van het bestek AUT0701 “Studie van de best beschikbare boortechnieken en evaluatie van de meest geschikte hydrothermische technieken in Brussel: aanvraag, kritische analyse en exploitatievoorwaarden” uit te voeren. De studie geeft de opdrachtgever een duidelijk beeld van de best beschikbare boringen, de remediërende en milderende maatregelen voor de milieueffecten en de nodige milieutechnische exploitatievoorwaarden voor geothermische open en gesloten systemen. Bovendien kan de studie als leidraad dienen in de beoordeling van komende geothermische projecten via een beslissingsschema en het technisch verslag.

Deze studie heeft niet tot doel om de implementatie van geotechnische toepassingen in Brussel te belemmeren via te strenge en strikte milieuexploitatievoorwaarden. Een gebruiker dient echter te beseffen dat een dergelijke installatie een dynamisch gegeven is dat bij een goed ontwerp, plaatsing, beheer en onderhoud nog jarenlang een bron van energie kan zijn.

Geothermische boormethoden

Voor het uitvoeren van geothermische boringen op grotere diepten zijn een 6-tal mechanische boormethoden (spoelboren, zuigboren, pulsbooren, avegaarboren, intrillen / indrukken en hamerboren) beschreven. Het uitvoeren van een boorgat van goede kwaliteit vereist een technische kennis en goed vakmanschap om een gelijkmatige diameter van het boorgat te verkrijgen, de hoeveelheid boorspoeling dient beperkt te worden en de hoeveelheid en de kwaliteit van het vrijkomend boormateriaal dient controleerbaar te zijn zodat een goede geologische karakterisatie kan uitgevoerd worden.

Voor het boren van bronnen voor waterwinningsputten en voor open hydrothermische systemen geniet de zuigboortechniek de voorkeur t.o.v. de spoelboormethode vanwege een betere staalname, een lagere hydraulische weerstand van de boorgatwand en de mogelijkheid om grotere diameters te boren. Deze voordelen worden verkregen voor een beperkte meerinvestering in materieel. De variabele kosten per boring zijn nagenoeg gelijk.

Voor het boren van verticale bodemwarmtewisselaars zal omwille van economische redenen de spoelboormethode (en het drukken) gebruikt worden. De kwaliteit van de bron is in dat geval van ondergeschikt belang t.o.v. de boorsnelheid. Bovendien zijn de boordiameters die voor bodemwarmtewisselaars worden gebruikt voldoende klein om de spoelboormethode met succes te kunnen toepassen.

Spoel- en zuigboren zijn algemeen toepasbaar in Regio Brussel. De overige technieken zijn niet algemeen toepasbaar omwille van de aanwezigheid van stijve klei, zandsteenbanken:

- pulsbooren (problematisch in stijve klei, grind en rots)
- avegaarboren (problematisch in versteende formaties)
- intrillen en indrukken (problematisch in stijve klei en versteende formaties)

Hamberboren tenslotte is voor ondiepe boringen in Regio Brussel niet bruikbaar aangezien er ondiep geen harde vaste rotsen zijn. Op grote diepte (100 m à 200 m) is hamerboren de enige wenselijke optie aangezien de bodem dan bestaat uit harde vaste rots.

Plaatsing van filterelementen is mogelijk bij alle boortechnieken waarbij het boorgat gestabiliseerd wordt en open blijft staan. Geschatte kostprijzen voor het uitvoeren van boorwerkzaamheden is moeilijk te geven vanwege de verscheidenheid aan geologische formaties, te boren dieptes voor verticale bodemwarmtewisselaars, brondiameter bij open systemen, ed.

Voor de verschillende boormethoden zijn een 30-tal (soms kleine) remediërende en milderende maatregelen met kosten – batenanalyse beschreven. Het betreft hier vooral maatregelen die deel uitmaken van goed vakmanschap en door elke boorder die de grondwatertechniek voldoende beheerst, normaal tot hun standaardprocedure behoren. Als laatste punt werden 2 standaardbestekken voor open en gesloten systemen in de bijlagen opgelijst die aan de milieuvergunning kunnen worden toegevoegd.

Milieueffecten geothermische systemen

Voor de open en gesloten systemen zijn in totaal een 17-tal milieueffecten opgelijst. Voor de toepassing van **koude-warmteopslag** in watervoerende pakketten is tot nader order sitespecifiek bijkomend onderzoek noodzakelijk om de fysieke haalbaarheid van het project te kunnen onderbouwen en om mogelijke milieueffecten tot een minimum te herleiden. Milieueffecten zoals het aantrekken van verontreinigingen, het bepalen van het hydraulische en thermische invloedsgebied en de beïnvloeding van het grondwaterpeil zijn nader te onderzoeken parameters en zijn belangrijk voor een goed werkend systeem.

Voor de **gesloten geothermische systemen** zijn een 8-tal milieueffecten beschreven en berekend voor een aantal energiehoeveelheden en 3 Brusselse bodemsoorten. Het betreft de milieueffecten:

- Type en massa ingebracht materiaal (kunststof)
- Achterblijvend materiaal in de bodem (kunststof)
- Achterblijvend materiaal in de bodem (grouting)
- Volume glycol dat naar de bodem lekt
- Percentage extra infiltratie langs lekkende boorgaten (boren)
- Percentage extra infiltratie langs lekkende boorgaten (drukken)
- Gebied met $dT=2K$ halverwege de bww na 20 jaar
- Gebied met $dT=1K$ op 0,5 mmv na 20 jaar

Voor de gesloten systemen is één van de belangrijkste milieueffecten het goed afdichten van het boorgat na plaatsing van de bodemwarmtewisselaars en het beperken van het volume wat naar de bodem kan lekken. Een boorgat dat niet goed is afgedicht vormt een milieueffect doordat grondwater kan insijpelen en de thermische geleidbaarheid doet dalen. Om het volume glycol naar dat naar de bodem kan lekken te beperken dienen er voldoende test en drukproeven te worden uitgevoerd. Materiaal technisch zijn voldoende garanties te verkrijgen, het verminderen van de milieueffecten is vooral van belang bij de realisatie van dergelijke projecten door de aannemers.

Technische verslagen

Voor de open en gesloten systemen zijn een aantal technische verslagen opgesteld die de aanvragers kunnen gebruiken voor een milieuvergunningsaanvraag. Het technisch verslag bevat een beschrijving van de installatiekenmerken met hun hydraulische en hydrothermische

impact en de benodigde parameters voor een beoordeling van een milieuvergunningaanvraag.

Remediërende en milderende maatregelen zijn opgesteld om de milieueffecten te vermijden of te verminderen. Belangrijke maatregelen voor gesloten systemen zijn een energetische balans in de bodem, het gebruikte fluidum en het adequaat afvullen van het boorgat met een geschikt grouting mengsel. Het uitvoeren van een haalbaarheidsonderzoek en thermische response test wordt als nodig geacht voor de grote tertiaire systemen.

Een beslissingschema werd opgesteld om de aanvragers op een eenvoudig en snelle manier een indicatie te geven of hun milieuvergunning zal aanvaard of geweigerd worden. De opmaak van een haalbaarheidsonderzoek en technisch verslag maken hiervan deel uit.

Bij de aanvaarding van de milieuvergunning worden milieuexploitatievoorwaarden opgelegd bij ontwerp, plaatsing, beheer, onderhoud en stopzetting van de installatie. Belangrijk bij stopzetting van de installatie is een goede afvulling van het boorgat en de verwijdering van het fluidum belangrijke aandachtspunten.

Als laatste hoofdstuk zijn regels van goed vakmanschap gegeven dienen niet als milieuexploitatievoorwaarden kunnen opgelegd worden maar dienen als leidraad voor een beheerbare geothermische installatie.

INHOUDSTABEL

SAMENVATTING.....	3
1 INLEIDING	13
2 TAAK 1: STANDAARDBESTEKKEN BORINGEN.....	15
2.1 INLEIDING	15
2.2 ALGEMEEN OVERZICHT VAN DE BOORMETHODEN	15
2.3 SPOELBOREN	16
2.3.1 Technische beschrijving	16
2.3.2 Risico analyse	19
2.3.3 Milderende en remediërende maatregelen.....	19
2.3.4 Kosten baten analyse van milderende en remediërende maatregelen.....	19
2.4 ZUIG- EN LUCHTLIFTBOREN	20
2.4.1 Technische beschrijving	20
2.4.2 Risico analyse	22
2.4.3 Milderende en remediërende maatregelen.....	22
2.4.4 Kosten baten analyse van milderende en remediërende maatregelen.....	22
2.5 PULSBOREN	24
2.5.1 Technische beschrijving	24
2.5.2 Risico analyse	25
2.5.3 Milderende en remediërende maatregelen.....	25
2.5.4 Kosten baten analyse van milderende en remediërende maatregelen.....	25
2.6 AVEGAARBOREN.....	26
2.6.1 Technische beschrijving	26
2.6.2 Risico analyse	27
2.6.3 Milderende en remediërende maatregelen.....	27
2.6.4 Kosten baten analyse van milderende en remediërende maatregelen.....	27
2.7 INTRILLEN / INDRUKKEN.....	28
2.7.1 Technische beschrijving	28
2.7.2 Risico analyse	28
2.7.3 Milderende en remediërende maatregelen.....	29
2.7.4 Kosten baten analyse van milderende en remediërende maatregelen.....	29
2.8 HAMERBOREN.....	30
2.8.1 Technische beschrijving	30
2.8.2 Risico analyse	31
2.8.3 Milderende en remediërende maatregelen.....	31
2.8.4 Kosten baten analyse van milderende en remediërende maatregelen.....	31
2.9 RISICOANALYSE VOOR DE UITVOERING VAN BORINGEN	32
2.10 MILDERENDE EN REMEDIËRENDE MAATREGELN VOOR BOORMETHODEN.....	35
2.11 KOSTEN-BATEN ANALYSE VAN MILDERENDE EN REMEDIËRENDE MAATREGELN.....	39
2.12 SAMENVATTENDE TABEL BOORMETHODEN.....	41
2.13 SAMENVATTENDE TABEL HINDER/RISICO VERSUS MAATREGELN.....	45
3 TAAK 2: BESCHRIJVING EN KWANTIFICERING MILIEUEFFECTEN.....	46
3.1 INLEIDING	46
3.2 KARAKTERISATIE BRUSSELSE BODEMS	47
3.2.1 Referentiebodems voor open systemen.....	47
3.2.2 Referentiebodems voor gesloten systemen	48
3.3 MILIEUEFFECTEN OPEN SYSTEMEN.....	50
3.3.1 Invloed van het secundaire proces op de milieueffecten	50
3.3.2 Milieueffect 1 : Menging van verzilt grondwater	54
3.3.3 Milieueffect 2 : Aantrekken en verplaatsen van verontreinigingen	54

3.3.4	<i>Milieu-effect 3 : Lekken van milieuvreemde stoffen naar de bodem</i>	59
3.3.5	<i>Milieu-effect 4 : Hydraulisch invloedsgebied</i>	60
3.3.6	<i>Milieu-effect 5 : Beïnvloeding van het grondwaterpeil ter hoogte van het maaiveld</i>	62
3.3.7	<i>Milieu-effect 6 : Zettingen tengevolge van grondwaterverlagingen</i>	63
3.3.8	<i>Milieu-effect 7 : Invloed op de vegetatie</i>	63
3.3.9	<i>Milieu-effect 8 : Thermische beïnvloeding van de diepe ondergrond</i>	64
3.3.10	<i>Milieu-effect 9 : Thermische beïnvloeding van de ondiepe ondergrond</i>	69
3.3.11	<i>Milieu-effect 10 : Percentage extra infiltratie door de deklagen langs de boorgaten</i>	69
3.4	MILIEUEFFECTEN GESLOTEN SYSTEMEN	70
3.4.1	<i>Kenmerken milieu-effecten</i>	70
3.4.2	<i>Kenmerken systemen</i>	70
3.4.3	<i>Milieu-effect ME10: Type en massa ingebracht materiaal</i>	73
3.4.4	<i>Milieu-effect ME11: Achterblijvend kunststof materiaal in de bodem</i>	75
3.4.5	<i>Milieu-effect ME12: Achterblijvend grouting materiaal in de bodem</i>	77
3.4.6	<i>Milieu-effect ME13: Volume glycol dat naar de bodem lekt</i>	78
3.4.7	<i>Milieu-effect ME14/15: Extra infiltratie lekkende boorgaten (boren en drukken)</i>	80
3.4.8	<i>Milieu-effect ME16/17: Thermische invloedsgebied met $dT=2/1K$ na 20 jaar</i>	81
3.5	SAMENVATTING MILIEUEFFECTEN	83
4	TAAK 3: TECHNISCH VERSLAG	86
4.1	INLEIDING	86
4.2	OPEN SYSTEMEN	87
4.3	PUBLIEK BESCHIKBARE MODELLEN	91
4.4	COMMERCIELE MODELLEN	91
4.5	RAPPORTSTRUCTUUR VOOR GRONDWATERMODELLERING	96
4.5.1	<i>Conceptuele Modelopbouw</i>	96
4.5.2	<i>Afbakening van het modeldomein</i>	96
4.5.3	<i>Bespreking gebruikte randvoorwaarden</i>	97
4.5.4	<i>Modeldiscretisatie</i>	98
4.5.5	<i>Gebruikte software en rekencodes</i>	99
4.5.6	<i>Berekende grondwaterstroming en stroomlijnen</i>	99
4.5.7	<i>Berekende thermische invloed</i>	101
4.5.8	<i>Bespreking resultaten, kalibratie en validatie</i>	101
4.6	GESLOTEN SYSTEMEN	103
4.6.1	<i>Algemeen</i>	103
4.6.2	<i>Haalbaarheidsonderzoek</i>	103
4.6.3	<i>Thermische respons test</i>	105
4.6.4	<i>Invulling technisch verslagen</i>	108
5	TAAK 4: REMEDIERENDE EN MILDRENDENDE MAATREGELEN	110
5.1	INLEIDING	110
5.2	MAATREGELEN VOOR OPEN SYSTEMEN	110
5.2.1	<i>Saneren van de verontreiniging</i>	111
5.2.2	<i>Beperken van het seizoenmatig onttrekkingvolume</i>	112
5.2.3	<i>Waarborgen van het volumetrische evenwicht van de opslag</i>	112
5.2.4	<i>Enkelwandige scheiding tussen het grondwater- en procescircuit</i>	112
5.2.5	<i>Dubbelwandige scheiding tussen het grondwater- en procescircuit</i>	112
5.2.6	<i>Lekdetectie/ drukmeting en registratie in het secundair circuit</i>	113
5.2.7	<i>Lekdetectie/drukmeting en registratie in het primair circuit</i>	113
5.2.8	<i>Verbod op additieven in het secundair circuit</i>	113
5.2.9	<i>Overdrukbehoud van het grondwatercircuit</i>	113
5.2.10	<i>Beperken van de maximale grondwaterwijziging</i>	114
5.2.11	<i>Waarborgen van het energetisch evenwicht</i>	114
5.2.12	<i>Correct aanvullen en afdichten van de boorgaten</i>	114
5.3	MAATREGELEN VOOR GESLOTEN SYSTEMEN	115
5.3.1	<i>Energetische balans</i>	115
5.3.2	<i>Eisen aan maximaal vermogen stellen</i>	115

5.3.3	<i>Eisen naar gebruikte fluidum</i>	116
5.3.4	<i>Boorgat adequaat afdichten of grouten</i>	116
5.3.5	<i>Eisen aan gebruikte materialen</i>	117
5.4	KRITISCHE ANALYSE MAATREGELLEN	118
5.4.1	<i>Open systemen</i>	118
5.4.2	<i>Gesloten systemen</i>	118
5.5	SAMENVATTING	121
6	TAAK 5: BESLISSINGSCHEMA	127
6.1	INLEIDING	127
6.2	BESLISSINGSCHEMA VOOR OPEN OPSLAGSYSTEMEN (TECH-1)	127
6.2.1	<i>Aantoonbare daling van het primair energieverbruik</i>	127
6.2.2	<i>Elementaire technische haalbaarheid van het voorgestelde concept</i>	128
6.2.3	<i>Aanvaardbare verstoring van de bestaande toestand</i>	134
6.3	BESLISSINGSCHEMA VOOR OPEN ONTTREKKINGSSYSTEMEN (TECH-2)	137
6.3.1	<i>Aantoonbare daling van het primair energieverbruik</i>	137
6.3.2	<i>Elementaire technische haalbaarheid van het voorgestelde concept</i>	138
6.3.3	<i>Aanvaardbare verstoring van de bestaande toestand</i>	145
6.4	BESLISSINGSCHEMA GESLOTEN SYSTEMEN	152
7	TAAK 6: MILIEUTECHNISCHE EXPLOITATIEVOORWAARDEN	154
7.1	INLEIDING	154
7.2	OPEN SYSTEMEN	154
7.2.1	<i>Milieuvergunningsvoorwaarden ter beperking van effecten op het milieu</i>	154
7.2.2	<i>Bijkomende uitbatingsvoorwaarden (Technische Randvoorwaarden)</i>	163
7.2.3	<i>Maatregelen bij wijziging van de installatie</i>	163
7.2.4	<i>Maatregelen bij stopzetting van de uitbating</i>	163
7.2.5	<i>Maximale uitbatingsperiode</i>	163
7.3	GESLOTEN SYSTEMEN	164
7.3.1	<i>Milieuvergunningsvoorwaarden met betrekking tot ontwerp en plaatsing</i>	164
7.3.2	<i>Milieuvergunningsvoorwaarden met betrekking tot de uitbating</i>	171
7.3.3	<i>Maatregelen bij stopzetting van de uitbating</i>	174
7.3.4	<i>Maximale uitbatingperiode</i>	174
7.3.5	<i>Maatregelen bij wijziging van de installatie of uitbating</i>	174
8	TAAK 7: RICHTLIJNEN CODE GOEDE PRAKTIJK	182
8.1	INLEIDING	182
8.2	OPEN SYSTEMEN	182
8.3	GESLOTEN SYSTEMEN	185
9	BESLUIT	187
	REFERENTIES	190
	BIJLAGE 1: BESTEKSBEPALINGEN VOOR HET BOREN VAN BRONNEN VOOR WATERWINNING EN OPEN HYDROTHERMISCHE SYSTEMEN	192
9.1	ALGEMENE OMSCHRIJVING VAN DE WERKEN	192
9.2	WERFGEBONDEN INFORMATIE	192
9.3	BOORWERKEN	197
9.4	INWENDIGE VERBUIZING – DRINKWATERPUTTEN EN OPEN GEOTHERMIE SYSTEMEN	198
9.5	OMSTORTING VAN DE BORING	200
9.6	PUTUITRUSTING	201
9.7	DOCUMENTATIE EN INFORMATIE	206
	BIJLAGE 2: BESTEKSBEPALINGEN VOOR HET AANLEGGEN VAN VERTICALE BODEMWARMTEWISSELAARS	207
9.8	ALGEMENE OMSCHRIJVING VAN DE WERKEN	207

9.9	WERFGEBONDEN INFORMATIE	208
9.10	BOORWERKEN	211
9.10.1	<i>Zuig en liftboren</i>	211
9.10.2	<i>Spoelboren</i>	212
9.11	INSTALLATIE VAN DE BODEMWARMTEWISSELAAR	213
9.12	TESTEN	216
9.13	DOCUMENTATIE EN INFORMATIE.....	217
BIJLAGE 3: VOORBEELD TECHNISCH VERSLAGEN		218
BIJLAGE 4: BESCHRIJVING THERMISCHE RESPONS TEST.....		259
BIJLAGE 5: LEIDRAAD BENODIGDE DOCUMENTEN EN MILIEUEXPLOITATIEVOORWAARDEN.....		266
BIJLAGE 6: NOTE TECHNIQUE CONCERNANT LA SIMPLIFICATION DU CONTROLE DE L'EFFICACITE DES SYSTEMES GEOTHERMIQUES		274
BIJLAGE 7: VRAGEN BIM.....		277

LIJST VAN TABELLEN

<i>Tabel 1: Overzicht boommethoden.....</i>	15
<i>Tabel 2: Risico's boommethoden.....</i>	32
<i>Tabel 3: Milderende en remediërende maatregelen boommethoden.....</i>	35
<i>Tabel 4: Kosten-baten analyse milderende en remediërende maatregelen.....</i>	39
<i>Tabel 5: Samenvattende tabel boommethoden.....</i>	41
<i>Tabel 6: Samenvattende tabel kosten/baten boommethoden (voor open systemen).....</i>	43
<i>Tabel 7: Samenvattende tabel kosten/baten boommethoden (voor gesloten systemen).....</i>	44
<i>Tabel 8: Samenvattende tabel hinder/risico versus maatregelen.....</i>	45
<i>Tabel 9: Milieueffecten open systemen (TECH-1 en 2).....</i>	50
<i>Tabel 10: Beslissingstabel beoordeling risico op verontreiniging (TECH 1-2).....</i>	51
<i>Tabel 11: Indeling open systemen naar concepten.....</i>	51
<i>Tabel 12: Indeling open systemen naar systeemefficiëntie.....</i>	52
<i>Tabel 13: Kenmerken watervoerende lagen in Brussel.....</i>	54
<i>Tabel 14: Zanden van Brussel – Afstanden tot het centrum van de opslag in m waarbij de seizoensmatige verplaatsing 1 m bedraagt.....</i>	56
<i>Tabel 15: Watervoerend gedeelte van Landeniaan – Afstanden tot het centrum van de opslag in m waarbij de seizoensmatige verplaatsing 1 m bedraagt.....</i>	56
<i>Tabel 16: Zanden van Brussel – Afstanden tot het centrum van de opslag in m waarbij de verplaatsing na 20 jaar pompen 1 m bedraagt.....</i>	57
<i>Tabel 17: Watervoerend gedeelte van Landeniaan – Afstanden tot het centrum van de opslag in m waarbij de verplaatsing na 20 jaar 1 m bedraagt.....</i>	57
<i>Tabel 18: Zanden van Brussel - afstand in m t.o.v. het centrum van de koude-warmteopslag waarbij de seizoensgemiddelde grondwaterverlaging kleiner is dan 0,5 m.....</i>	61
<i>Tabel 19: Watervoerend gedeelte van het Landeniaan - afstand in m t.o.v. het centrum van de koude-warmteopslag waarbij de seizoensgemiddelde verlaging kleiner is dan 0,5 m.....</i>	61
<i>Tabel 20: Milieueffecten gesloten systemen.....</i>	70
<i>Tabel 21: Systeemgroottes gesloten systemen.....</i>	71
<i>Tabel 22: Parametermatrix milieueffecten gesloten systemen.....</i>	72
<i>Tabel 23: Samenvatting numerieke berekening milieueffecten gesloten systemen.....</i>	84
<i>Tabel 24: Samenvatting milieueffecten open en gesloten systemen.....</i>	85
<i>Tabel 25: Publiek beschikbare modellen.....</i>	91
<i>Tabel 26: Commerciële modellen met beschikbare broncode.....</i>	92
<i>Tabel 27: Commerciële modellen zonder beschikbare broncode.....</i>	93
<i>Tabel 28: Milieueffecten voor open systemen (TECH-1 en 2).....</i>	110
<i>Tabel 29: Remediërende en milderende maatregelen voor open systemen (TECH-1 en 2).....</i>	111
<i>Tabel 30: Relatie milieueffect en maatregel voor open systemen (TECH-1 en 2).....</i>	111
<i>Tabel 31: Milieueffecten voor gesloten systemen (TECH-3 tem 7).....</i>	115
<i>Tabel 32: Kritische analyse maatregelen voor open systemen.....</i>	119
<i>Tabel 33: Kritische analyse remediërende en milderende (sub)maatregelen voor gesloten systemen.....</i>	120
<i>Tabel 34: Samenvattende tabel milderende maatregelen per milieueffect en techniek.....</i>	122
<i>Tabel 35: Maatregelen voor milieueffecten 10, 11 en 12.....</i>	123
<i>Tabel 36: Maatregelen voor milieueffect 13.....</i>	124
<i>Tabel 37: Maatregelen voor milieueffecten 14 en 15.....</i>	125

<i>Tabel 38: Maatregelen voor milieueffecten 16 en 17</i>	126
<i>Tabel 39: Specificaties verschillende antivries producten</i>	166
<i>Tabel 40: Milieuexploitatievoorwaarden TECH-3</i>	175
<i>Tabel 41: Milieuexploitatievoorwaarden TECH-4</i>	176
<i>Tabel 42: Milieuexploitatievoorwaarden TECH-5</i>	178
<i>Tabel 43: Milieuexploitatievoorwaarden TECH-6</i>	180
<i>Tabel 44: Eisen, controles en middelen voor gesloten bodemsystemen</i>	185
<i>Tabel 45: Resultaten TRT-meting tijdens de meetperiode</i>	265
<i>Tabel 46: Benodigde documenten en milieuexploitatievoorwaarden TECH-1</i>	267
<i>Tabel 47: Benodigde documenten en milieuexploitatievoorwaarden TECH-2</i>	268
<i>Tabel 48: Benodigde documenten en milieuexploitatievoorwaarden TECH-3</i>	269
<i>Tabel 49: Benodigde documenten en milieuexploitatievoorwaarden TECH-4</i>	270
<i>Tabel 50: Benodigde documenten en milieuexploitatievoorwaarden TECH-5</i>	271
<i>Tabel 51: Benodigde documenten en milieuexploitatievoorwaarden TECH-6</i>	272
<i>Tabel 52: Benodigde documenten en milieuexploitatievoorwaarden TECH-7</i>	273

LIJST VAN FIGUREN

<i>Figuur 1: Schematisch principeschema spoelboren</i>	18
<i>Figuur 2: Schematisch principeschema zuigboren/luchtliftboren</i>	21
<i>Figuur 3: Schematisch principeschema pulsboeren</i>	25
<i>Figuur 4: Brusselse bodemreferenties voor gesloten systemen</i>	48
<i>Figuur 5: Relatie warmtevraag, koudeproductie en koudevraag</i>	52
<i>Figuur 6: Koudevraag groter dan warmtevraag gerelateerde koudeproductie</i>	53
<i>Figuur 7: Koudevraag kleiner dan warmtevraag gerelateerde koudeproductie</i>	53
<i>Figuur 8: Voorbeeld van een simulatieberekening</i>	65
<i>Figuur 9: Type en massa ingebracht materiaal bij gesloten systemen</i>	73
<i>Figuur 10: Achterblijvend kunststof in de bodem bij gesloten systemen</i>	75
<i>Figuur 11: Achterblijvend grouting materiaal bij gesloten systemen</i>	77
<i>Figuur 12: Volume glycol dat naar de bodem lekt bij gesloten systemen</i>	79
<i>Figuur 13: Thermische invloedsgebied van een hoog temperatuuropslagsysteem</i>	81
<i>Figuur 14: Beslissingsschema geothermische toepassingen</i>	153
<i>Figuur 15: In- en uitgaande vloeistoftemperaturen</i>	263
<i>Figuur 16: Gemiddelde vloeistoftemperatuur in gevuld boorgat</i>	263
<i>Figuur 17: Gemiddelde vloeistoftemperatuur op logaritmische schaal met lineaire regressie</i>	264

LIJST MET AFKORTINGEN

R	: risico
ME	: milieueffect
KWO	: koude-warmteopslag (grondwater systemen)
BEO	: boorgatenergieopslag (verticale systemen)

1 INLEIDING

Situering

Het BIM heeft de onderzoeksinstelling VITO te Mol aangeduid om de studie van het bestek AUT0701 “Studie van de best beschikbare boortechnieken en evaluatie van de meest geschikte hydrothermische technieken in Brussel: aanvraag, kritische analyse en exploitatievoorwaarden” uit te voeren. Voor deze studie werkt VITO samen met de onderaannemer IF Flanders uit Aartselaar.

Deze studie is een vervolg op een vorige studie door VITO van het technisch en economisch potentieel van geothermische systemen in Brussel.

Objectieven

De studie dient ter voorbereiding van een vergunningsprocedure voor geothermische systemen in Brussel. In het bijzonder worden volgende aspecten nader onderzocht:

- de best beschikbare geothermische boortechnieken;
- de remediërende en milderende maatregelen ter vermindering van de milieueffecten;
- de nodige milieutechnische exploitatievoorwaarden voor geothermische systemen.

Bovendien kan deze studie als leidraad dienen in de beoordeling van komende geothermie projecten via een beslissingschema en het technisch verslag.

De uitvoering van deze studie wordt beschreven als een opeenvolging van taken zoals hieronder aangegeven.

- Taak 1: Standaardbestekken
- Taak 2: Beschrijving en kwantificering milieueffecten
- Taak 3: Technisch verslag
- Taak 4: Beschrijving remediërende en milderende maatregelen
- Taak 5: Beslissingsschema
- Taak 6: Opstellen milieutechnische exploitatievoorwaarden
- Taak 7: Goede praktijk richtlijnen

Dit tussentijds rapport beschrijft de taken 1 en 2 van het bestek AUT0701.

Afbakening van de studie

Deze studie richt zich verder op de ondiepe geothermietechnieken (en meer bepaald de hydrothermie en aërothermie) en dit in de residentiële en tertiaire sector. De verschillende milieueffecten van de binneninstallatie en HVAC installatie worden in deze studie niet verder behandeld tenzij er een duidelijk verband is.

Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft de verschillende geothermische boringen met hun risico's, milderende en remediërende maatregelen en kosten/baten analyse van deze maatregelen.

Hoofdstuk 3 beschrijft en kwantificeert, waar mogelijk, de verschillende milieueffecten voor open en gesloten systemen.

Hoofdstuk 4 bevat een beschrijving van de technische verslagen voor de verschillende geothermische systemen.

Hoofdstuk 5 geeft de remediërende en milderende maatregelen voor open en gesloten systemen.

Hoofdstuk 6 toont een beslissingschema dat kan gebruikt worden voor de evaluatie van milieuvergunningaanvragen.

Hoofdstuk 7 beschrijft uitvoerig de milieuexploitatievoorwaarden die opgelegd kunnen worden bij ontwerp, beheer, stopzetting en uitbating van een geothermische installatie in Brussel.

Hoofdstuk 8 geeft enkele richtlijnen naar een goede praktijkrealisatie van geothermische systemen.

Tenslotte wordt in hoofdstuk 9 de voornaamste conclusies weergegeven.

De bijlagen 1 en 2 bevatten de typebestekken voor de uitvoering van geothermische boringen en dit voor de open en gesloten systemen.

Bijlage 3 geeft per techniek de technische verslagen weer.

Bijlage 4 geeft een beschrijving van een thermische response test.

Bijlage 5 geeft een leidraad weer van de vereiste documenten voor milieuvergunningen.

Bijlage 6+ geeft meer uitleg bij de primaire energiebesparing bij het Van Volxem project et Brussel.

Tenslotte wordt in bijlage 7 een antwoord gegeven op de vragen van het BIM.

2 TAAK 1: STANDAARDBESTEKKEN BORINGEN

2.1 Inleiding

Voor elke boormethode volgt hierna :

- Een technische beschrijving van de techniek;
- De specifieke risico's die horen bij het toepassen van de techniek;
- De milderende en remediërende maatregelen die gebruikt kunnen worden om de risico's in te perken of te verhinderen;
- Een kosten baten analyse van de milderende en remediërende maatregelen ten aanzien van de haalbare bescherming;
- Een standaard bestek voor de uitvoering van de boringen volgens de boormethode.

Voor de leesbaarheid van het rapport te bevorderen worden de standaardbestekken voor open en gesloten systemen opgenomen in respectievelijk bijlage 1 en bijlage 2.

2.2 Algemeen overzicht van de boormethoden

Elke boormethode wordt bepaald door de wijze waarop

- a. de grond wordt losgewoeld
- b. het boorgat wordt gestabiliseerd
- c. de grond uit het boorgat wordt afgevoerd

In de onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van de diverse boormethoden [1, 2, 3 en 4].

Tabel 1: Overzicht boormethoden

	Spoelboren	Zuigboren	Pulsboren	Avegaarboren	Intrillen en indrukken	Hamerboren
Stabilisatie Boorgat	Spoeling	Spoeling	Verbuizing	Verbuizing	Verbuizing	Verbuizing
Destructie grond structuur	Mechanisch d.m.v. boorbeitel	Mechanisch d.m.v. boorbeitel	Hydraulisch d.m.v. pulserende onderdruk	Mechanisch d.m.v. spiraalboor	Mechanisch d.m.v. verdringing en verdichting	Mechanisch door middel van pneumatische boorhamer
Transport van de grond	Spoeling aan de buitenzijde van de boorstangen	Spoeling aan de binnenzijde van de boorstangen	Met behulp van een liftstelsel in de puls	Door vijzel	Geen grondtransport	Pneumatisch Hydraulisch door perslucht

2.3 Spoelboren

2.3.1 Technische beschrijving

De essentiële werktuigen die worden ingezet tijdens het spoelboren zijn :

- de boorstangen
- de boorbeitel
- de spoelpomp
- de boorkast
- de decantatiecontainer

De boorstangen hebben een dubbele functie. Enerzijds staan ze in voor de aandrijving van de boorbeitel, anderzijds dienen zij als leiding voor het transport van het spoelmiddel. De boorbeitel wordt gebruikt om de structuur van de grond te vernietigen. De spoelpomp staat in voor de circulatie van het spoelmiddel en is zo de motor voor het transport van de losgewoelde grond naar de oppervlakte. De boorkast zorgt voor een draaiende beweging van de boorstangen en bijgevolg ook van de boorbeitel. In de decantatiecontainer kan het boorgruis bezinken. Het spoelboren is schematisch weergegeven in Figuur 1.

Deze opstelling bestaat uit een holle buis (boorstang) met aan de onderzijde een boorbeitel. Door de buis wordt een boorspoeling gepompt die aan de buitenzijde omhoog komt. Deze boorspoeling voert het losgeboorde materiaal mee en stabiliseert indien nodig de boorgatwand. Er worden verschillende soorten boorkoppen gebruikt afhankelijk van de sedimenten.

Deze boortechniek wordt veel toegepast voor het plaatsen van verticale bodemwarmtewisselaars met een hoge kwaliteit boorgat en boorgat afwerking. Door de boorsnelheid en (ten opzichte van b.v. zuig- en luchtliftboren) eenvoudige opstelling is het mogelijk economisch te werken.

Het spoelwater wordt door middel van een spoelpomp door de boorstangen gepompt. Aan de onderzijde van de boorstangen neemt het spoelwater de losgewoelde grond mee naar de oppervlakte. De opwaartse stroming vindt plaats aan de buitenzijde van de boorstangen.

Aan de oppervlakte wordt het spoelwater naar de decantatiecontainer geleid of verpompt. Hier kan het opgeboorde boorgruis bezinken. Het spoelwater wordt vervolgens terug door de stangen in het boorgat gepompt en de cyclus kan opnieuw beginnen.

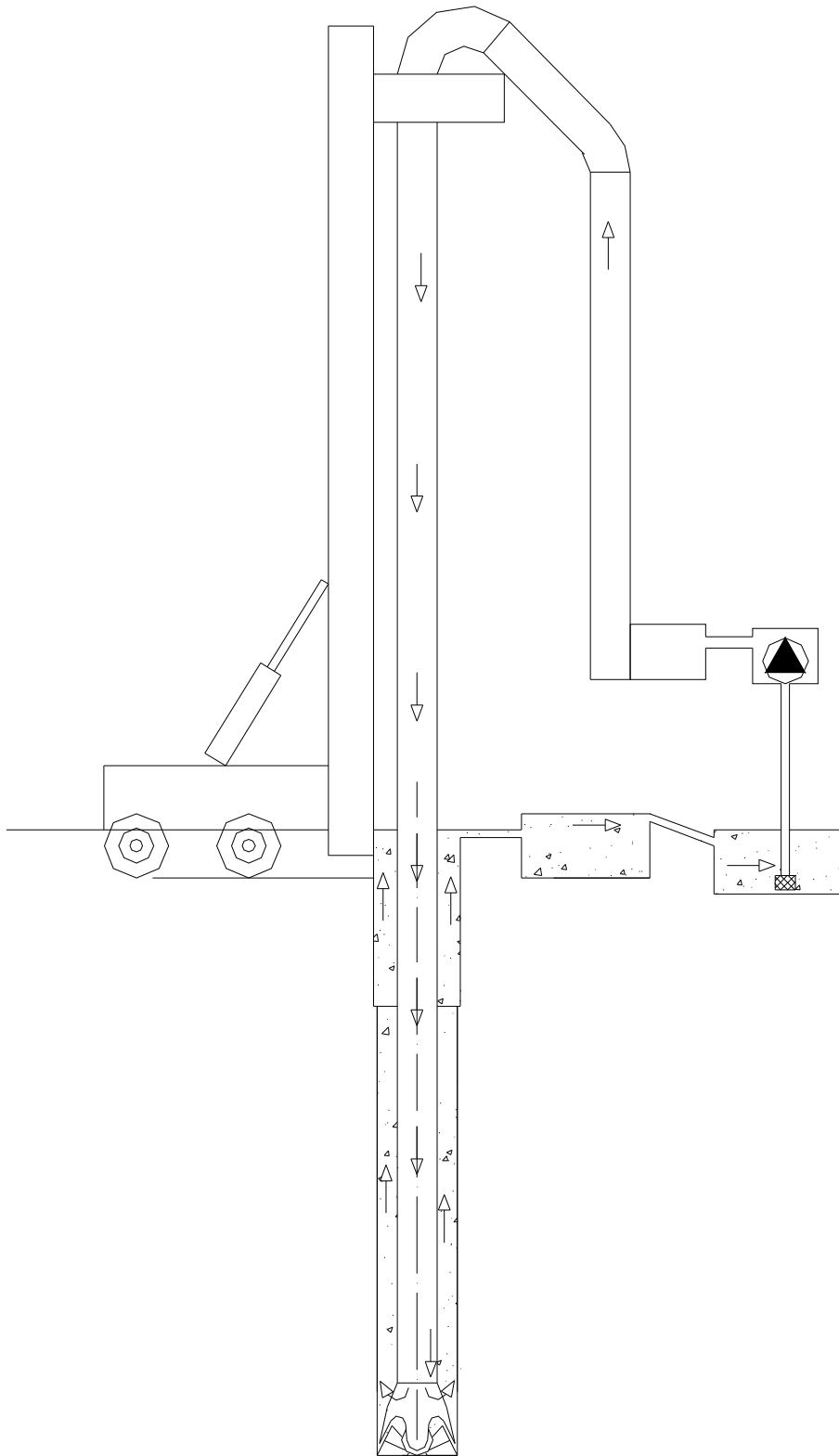
Voordelen :

- snelle boormethode (grote boorsnelheid)
- mogelijk tot op grote diepte
- goedkoop en veel toegepast

Nadelen :

- Onnauwkeurige beschrijving van de bodem

- Versmeren van het boorgat
- Boorgatdiameter is beperkt tot ca. 400 mm
- Waterverbruik
- Ontspanning van de grond is mogelijk
- Boren door verontreiniging geeft aanleiding tot verspreiding van de verontreiniging



Figuur 1: Schematisch principeschema spoelboren

2.3.2 Risico analyse

Voor de risico analyse wordt verwezen naar de paragraaf Risicoanalyse voor de uitvoering van boringen.

2.3.3 Milderende en remediërende maatregelen

Voor de milderende en remediërende maatregelen wordt verwezen naar de paragraaf Milderende en remediërende maatregelen voor boormethoden.

2.3.4 Kosten baten analyse van milderende en remediërende maatregelen

Voor de kosten baten analyse wordt verwezen naar de paragraaf Kosten-baten analyse van milderende en remediërende maatregelen.

Bij het boren van waterputten zal indien er risico is op instabiliteit van het boorgat (Risico (R) 8) de voorkeur worden gegeven aan het voorzien van voldoende spoelwater (Milderende maatregel (MM) 17) om het boorgat te stabiliseren.

De overige stabilisatiemethoden (verbuizen (MM 15) en gebruik maken van spoeladditieven (MM18) hebben immers een nefaste invloed op de stromingsweerstand van de bron.

Bij het boren van bodemlussen ten behoeve van de aanleg van een verticale bodemwarmtewisselaar mogen additieven worden aangewend (MM18) voor zover zij geen negatieve impact hebben op het warmtegeleidend vermogen van de ondergrond. Het toepassen van een verbuizing (MM15) is omwille van economische redenen niet te weerhouden.

2.4 Zuig- en luchtliftboren

2.4.1 Technische beschrijving

De essentiële werktuigen die worden ingezet tijdens het zuig- en luchtliftboren zijn :

- de boorstangen
- de boorbeitel
- de zuigpomp en de compressor
- de boorkast
- de decantatiecontainer

De boorstangen hebben een dubbele functie. Enerzijds staan ze in voor de aandrijving van de boorbeitel, anderzijds dienen zij als leiding voor het transport van het spoelmiddel. De boorbeitel wordt gebruikt om de structuur van de grond te vernietigen. Bij zuigboren staat de zuigpomp in voor de circulatie van het spoelmiddel en is zo de motor voor het transport van de losgewoelde grond naar de oppervlakte. Bij luchtliftboren staat de compressor in voor de circulatie van het spoelmiddel. De boorkast zorgt voor een draaiende beweging van de boorstangen en bijgevolg ook van de boorbeitel. In de decantatiecontainer kan het boorgruis bezinken. Het zuigboren/luchtliftboren is schematisch weergegeven in Figuur 2.

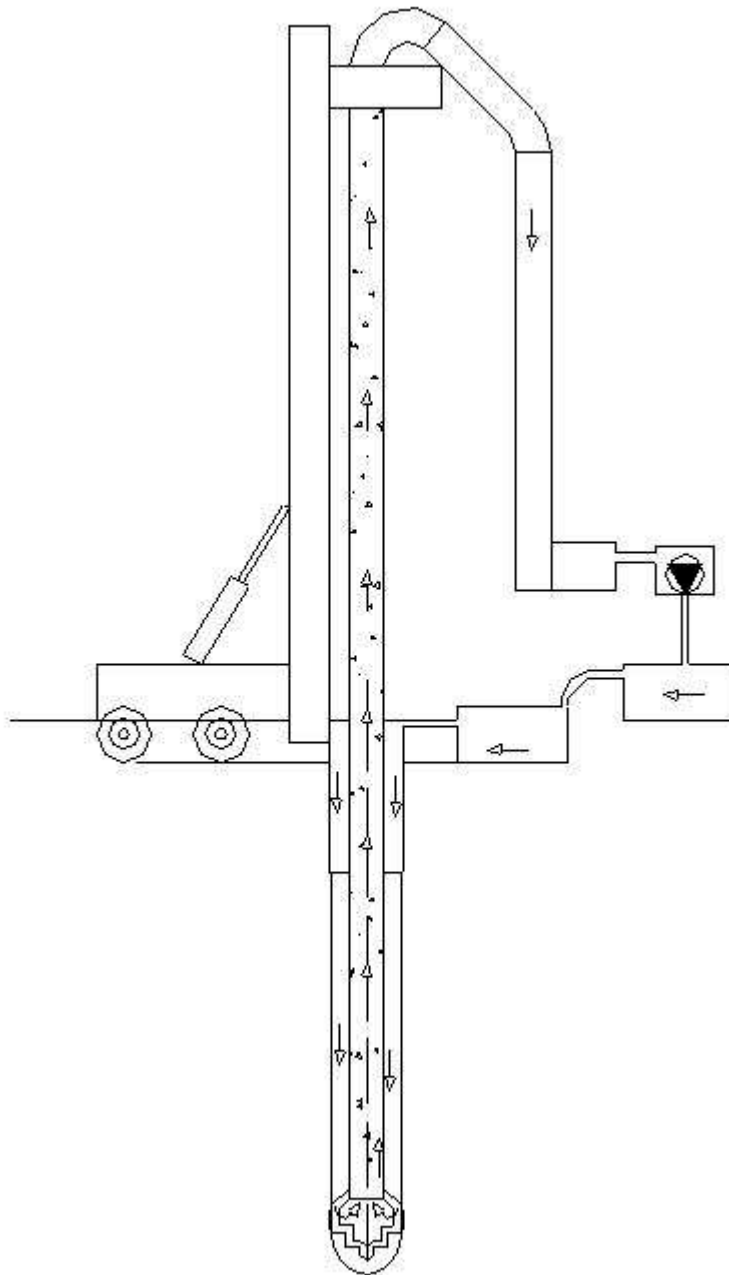
Het spoelwater stroomt vanuit de decantatiecontainer door de annulaire ruimte tussen de boorstangen en de boorgatwand naar beneden. Aan de onderzijde van de boorstangen neemt het spoelwater de losgewoelde grond op. Het opwaarts transport van de cuttings en de boorvloeistof gebeurt aan de binnenzijde van de boorstangen.

Terug aan de oppervlakte wordt het spoelwater naar de decantatiecontainer geleid. Hier kan het opgeboorde boorgruis bezinken. Het spoelwater wordt vervolgens terug naar het boorgat geleid en de cyclus kan opnieuw beginnen.

Zuig- en luchtliftboren zijn complementaire technieken. Zuigboren kan gebruikt worden tijdens het ondiepe gedeelte van de boring. Aangezien het vacuüm van de aanzuigpomp de drijvende kracht is achter het transport van het spoelmiddel is bij een beperkte boordiepte de verhouding tussen drijvende kracht en stromingsweerstand gunstig. Naarmate de boring dieper wordt neemt de stromingsweerstand toe. Het vacuüm blijft evenwel gelijk. Het rendement van de techniek neemt bijgevolg af.

Bij luchtliftboren is de evolutie van het rendement net omgekeerd. De drijvende kracht achter de circulatie van de boorvloeistof is hier het dichtheidsverschil van de vloeistof buiten de stangen en de vloeistof binnen de stangen. Dit dichtheidsverschil wordt gecreëerd door met behulp van een compressor aan de binnenzijde van de stangen ter hoogte van de boorbeitel lucht te injecteren. Hierdoor verlaagt de dichtheid van de spoelvloeistof binnen in de boorstangen. Bovendien wil de geïnjecteerde lucht naar boven stromen. Dit proces kan echter slechts worden opgestart van een zekere diepte. Aangezien in het begin de injectiedruk veel te hoog is in vergelijking met de waterdruk zouden anders de boorstangen worden leeggeblazen.

Anderzijds neemt de drijvende kracht (het dichtheidsverschil) achter de stroming toe met de diepte. De overgang tussen zuigboren en luchtliftboren wordt meestal gemaakt op een diepte tussen 30 en 50 m onder het grondwaterpeil in rust.



Figuur 2: Schematisch principschema zuigboren/luchtliftboren

Voordelen :

- snelle boormethode (grote boorsnelheid) in vergelijking tot verbuisde boormethodes
- mogelijk tot op grote diepte
- goedkoop in vergelijking met boormethodes die een verbuizing vereisen
- grote boordiameters (> 1000 mm) zijn mogelijk
- goede kwaliteit van staalname
- zeer lage weerstandsverhoging ter hoogte van het boorgat ten gevolge van het relatief zuivere spoelwater en het ontbreken van verbuizing

Nadelen :

- Waterverbruik
- Ontspanning van de grond is mogelijk
- Boren door verontreiniging geeft aanleiding tot verspreiding van de verontreiniging

2.4.2 Risico analyse

Voor de risico analyse wordt verwezen naar de paragraaf Risicoanalyse voor de uitvoering van boringen.

2.4.3 Milderende en remediërende maatregelen

Voor de milderende en remediërende maatregelen wordt verwezen naar de paragraaf Milderende en remediërende maatregelen voor boormethoden.

2.4.4 Kosten baten analyse van milderende en remediërende maatregelen

Voor de kosten baten analyse wordt verwezen naar de paragraaf Kosten-baten analyse van milderende en remediërende maatregelen.

Bij het boren van waterputten zal indien er risico is op instabiliteit van het boorgat (Risico (R) 8) de voorkeur worden gegeven aan het voorzien van voldoende spoelwater (Milderende maatregel (MM) 17) om het boorgat te stabiliseren.

De overige stabilisatiemethoden (verbuizen (MM 15) en gebruik maken van spoeladditieven (MM18) hebben immers een nefaste invloed op de stromingsweerstand van de bron.

Voor het boren van verticale bodemwarmtewisselaars zal omwille van economische redenen eerder gebruik gemaakt worden van de spoelboormethode. De kwaliteit van de bron is in dat geval van ondergeschikt belang t.o.v. de boorsnelheid. Bovendien zijn de boordiameters die voor bodemwarmtewisselaars worden gebruikt voldoende klein om de spoelboormethode met succes te kunnen toepassen.

Voor het boren van bronnen voor waterwinningsputten en voor open hydrothermische systemen geniet de zuigboortechniek echter de voorkeur t.o.v. de spoelboormethode. De redenen hiervoor zijn een betere staalname, een lagere hydraulische weerstand van de boorgatwand en de mogelijkheid om grotere diameters te boren. Deze voordelen worden verkregen voor een beperkte meerinvestering in materieel. De variabele kosten per boring zijn nagenoeg gelijk.

2.5 Pulsboren

2.5.1 Technische beschrijving

De essentiële werktuigen die worden ingezet tijdens het pulsboeren zijn :

- de boorpuls
- de boorkabel
- de verbuizing

De boorpuls is een holle buis uitgerust met een snijschoen en een terugslagklep. De snijschoen wordt gekozen in functie van de ondergrond. Telkens de snijschoen in de bodem van het boorgat dringt woelt hij een hoeveelheid grond los. Het boorgruis vermengt zich met water en komt in suspensie. Bij een neerwaartse beweging van de boorpuls wordt de boorpuls gevuld met de boorsuspensie. De boorpuls wordt vervolgens opgetrokken. Hierdoor sluit de terugslagklep. Het boorgruis zit nu gevangen in de boorpuls. Bij elke slag wordt er een bijkomende hoeveelheid boorgruis in het boorgat opgenomen.

De boorkabel heeft twee functies. Enerzijds wordt hij gebruikt om de puls op en neer te bewegen en de grond los te maken. Een tweede functie is de transport functie. Hierbij wordt de puls omhooggetrokken wanneer zij voldoende gevuld is. Nadat ze aan het maaiveld geleegd is wordt ze opnieuw in het boorgat neergelaten met behulp van de boorkabel. De verbuizing staat in voor de stabilisatie van het boorgat.

Je kan niet pulsen in een droge ondergrond. Bij een droge grond moet er dan ook eerst droog geboord worden tot op het niveau van het grondwaterpeil of moet er water worden aangevoerd naar het boorgat om te kunnen pulsen.

Een te hoge waterdruk in het boorgat zal ervoor zorgen dat er een zuigkracht ontstaat op de gronddeeltjes. Het boorproces wordt vertraagd omdat de grond niet meer losgewoeld kan worden. Een te laag waterpeil t.o.v. de grondwaterstand in rust zal ervoor zorgen dat er een stroming ontstaat vanuit de formatie naar de verbuizing. Deze stroming maakt de gronddeeltjes los en zorgt voor een instabiele situatie aan de onderzijde van het boorgat, waardoor eventueel de casing kan wegzakken, ... Om goed te kunnen werken is het wenselijk dat het waterpeil in de puls slechts lichtjes hoger staat dan het grondwaterpeil.

Voordelen :

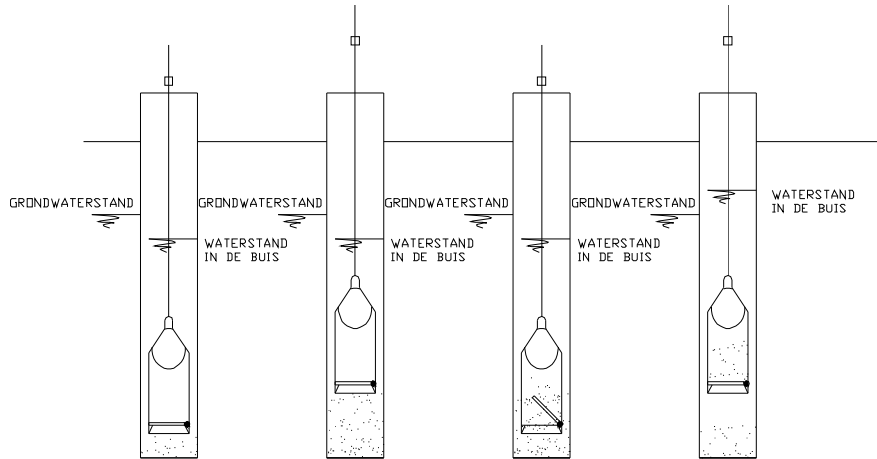
- zeer goede bodembeschrijving
- geen toevoer van bodemvreemde stoffen
- weinig waterverbruik

Nadelen :

- traag en arbeidsintensief
- niet mogelijk in stijve klei
- niet mogelijk in grindrijke of steenrijke formaties

- versmering van de boorgatwand tengevolge van de verbuizing

Het principe van het pulsaboren is weergegeven in de Figuur 3.



Figuur 3: Schematisch principeschema pulsaboren

2.5.2 Risico analyse

Voor de risico analyse wordt verwezen naar de paragraaf Risicoanalyse voor de uitvoering van boringen.

2.5.3 Milderende en remediërende maatregelen

Voor de milderende en remediërende maatregelen wordt verwezen naar de paragraaf Milderende en remediërende maatregelen voor boormethoden.

2.5.4 Kosten baten analyse van milderende en remediërende maatregelen

Voor de kosten baten analyse wordt verwezen naar de paragraaf Kosten-baten analyse van milderende en remediërende maatregelen. Omwille van de hoge boorkosten zal deze technieken slechts zeer zelden worden toegepast voor het boren van waterwinningsputten of boringen voor open of gesloten hydrothermische systemen.

Voor onttrekkings- en infiltratiebronnen is er bovendien nog een nadeel tengevolge van het gebruik van een verbuizing. In klei- en leemhoudende gronden wordt de boorgatwand dichtgesmeerd met een vermindering van de doorlatendheid tot gevolg.

2.6 Avegaarboren

2.6.1 Technische beschrijving

De essentiële werktuigen die worden ingezet tijdens het avegaarboren zijn :

- de avegaarboor
- de verbuizing

De avegaarboor is een schroef die instaat voor het losfrezen van de grond en voor het vertikaal transport naar het maaiveld.

Er wordt een onderscheid gemaakt tussen een holle avegaar en een gewone avegaar.

Bij de holle avegaar bevindt de schroef zich rondom een holle buis. Deze buis is afgesloten aan de onderzijde met behulp van een klep die eens op diepte kan geopend worden door de holle buis. De holle avegaar verenigt dan ook de functie van verbuizing en boor in één instrument. Er wordt tot op de juiste diepte geboord, vervolgens wordt de put ingebouwd. Bij het uitbouwen van de boorbuizen opent de boorpunt aan de onderzijde van de stangen. De methode kan gebruikt worden boven en onder het grondwater.

Bij de gewone avegaar is er geen holle buis aanwezig in de boorbuizen. Bijgevolg zal na het verwijderen van de boorbuizen het boorgat instorten. Om dit te vermijden is het noodzakelijk om met een tijdelijke externe verbuizing te werken.

Nadat de einddiepte bereikt is kunnen de boorstangen worden uitgebouwd en kan de put worden ingebouwd. Na het inbouwen van de put kan de aanvulling best worden uitgevoerd gelijktijdig met het trekken van de tijdelijke verbuizing.

Omwille van de het versmeren van het boorgat enerzijds en het moeilijk aanbrengen van de omstorting anderzijds wordt deze techniek zelden gebruikt voor het boren van waterputten. De toepassingen zijn eerder te vinden in de aanleg van funderingspalen en het milieutechnisch onderzoek.

Voordelen :

- goede bodembeschrijving
- geen toevoer van bodemvreemde stoffen
- weinig waterverbruik

Nadelen :

- diameters en diepte beperkt wegens grote krachten op de avegaar
- versmering van de boorgatwand tengevolge van de verbuizing
- bij de holle avegaar is het niet mogelijk om een goede aanvulling van de bron te bekomen
- zware investering in materieel voor de gebruikelijke diameters en dieptes van grondwaterwinningen en verticale bodemwisselaars

2.6.2 Risico analyse

Voor de risico analyse wordt verwezen naar de paragraaf Risicoanalyse voor de uitvoering van boringen.

2.6.3 Milderende en remediërende maatregelen

Voor de milderende en remediërende maatregelen wordt verwezen naar de paragraaf Milderende en remediërende maatregelen voor boormethoden.

2.6.4 Kosten baten analyse van milderende en remediërende maatregelen

Voor de kosten baten analyse wordt verwezen naar de paragraaf Kosten-baten analyse van milderende en remediërende maatregelen. Omwille van de hoge boorkosten zal deze technieken slechts zeer zelden worden toegepast voor het boren van waterwinningsputten of boringen voor open of gesloten hydrothermische systemen.

Voor onttrekkings- en infiltratiebronnen is er bovendien nog een nadeel tengevolge van het gebruik van een verbuizing. In klei- en leemhoudende gronden wordt de boorgatwand dichtgesmeerd met een vermindering van de doorlatendheid tot gevolg.

2.7 Intrillen / indrukken

2.7.1 Technische beschrijving

De essentiële werktuigen die worden ingezet tijdens het intrillen / indrukken zijn :

- de boorkop
- de boorstangen

Het intrillen en indrukken is een methode waarbij het boorgat wordt gerealiseerd door verdichting van de bodem. Bij het intrillen gebeurt de verdichting door liquefactie van het mengsel grond/water. Essentieel hierbij is dat de ondergrond goed doorlatend is en blijft tijdens het verdichtingsproces. In kleihoudende zanden kan de techniek hierdoor niet steeds worden toegepast.

Bij het indrukken gebeurt de verdichting door het wegduwen van de grond. Dit vereist afhankelijk van de diameter van het boorgat en de samenstelling van de grond een belangrijke drukkracht. De techniek maakt het mogelijk om in bepaalde formaties (slappe klei, goed doorlatende losgepakte zanden) boorgaten te realiseren van beperkte diameters. Wegens de verdichting, de versmering en vooral de beperking in diameter van het boorgat is de techniek niet geschikt voor het uitvoeren van boringen voor grondwaterwinningen en open hydrothermische systemen.

De techniek is wel inzetbaar voor het plaatsen van bodemlussen op voorwaarde dat de ondergrond dit toelaat. In de regio van Brussel bestaat de ondergrond voornamelijk uit sterk geconsolideerde sedimenten waarin mogelijk verkitte zones voorkomen (Zanden van Brussel, Ieperse Klei, Zanden van Landen, ...). Voor dit soort formaties is de techniek minder geschikt en wordt ze dan ook enkel gebruikt voor het plaatsen van ondiepe piëzometers in het kader van geotechnisch of milieuonderzoek.

Voordelen :

- geen toevoer van bodemvreemde stoffen
- weinig waterverbruik
- geen afvoer van boorspecie

Nadelen :

- diameters en diepte beperkt wegens grote krachten op de boorstangen
- versmering van de boorgatwand tengevolge van de boormethode en de verdichting van de grond
- niet mogelijk in sterk geconsolideerde afzettingen
- geen boorbeschrijving

2.7.2 Risico analyse

Voor de risico analyse wordt verwezen naar de paragraaf Risicoanalyse voor de uitvoering van boringen. Het voornaamste risico bestaat uit het verhogen van de hydraulische weerstand

van de boorgatwand. Aangezien deze boringen echter niet geschikt zijn voor het boren van waterputten is dit niet echt problematisch. Het risico van niet uitvoerbaarheid van de boring gaat uiteraard samen met de bodemgesteldheid en is in Brussel als zeer hoog in te schatten.

2.7.3 Milderende en remediërende maatregelen

Voor de milderende en remediërende maatregelen wordt verwezen naar de paragraaf Milderende en remediërende maatregelen voor boormethoden.

2.7.4 Kosten baten analyse van milderende en remediërende maatregelen

Voor de kosten baten analyse wordt verwezen naar de paragraaf Kosten-baten analyse van milderende en remediërende maatregelen. De techniek kan in Brussel allicht niet met succes worden toegepast tengevolge van de aard van de ondergrond.

2.8 Hamerboren

2.8.1 Technische beschrijving

De essentiële werktuigen die worden ingezet tijdens het avegaarboren zijn :

- de boorhamer
- de boorkop
- de boorstangen
- de boorhamer
- de verbuizing
- de compressor

De boorhamer is bevestigd aan de onderzijde van de boorstangen en heeft als functie het verbrijzelen van het materiaal. De boorhamer wordt pneumatisch aangedreven.

De boorkop dient om een draaiende beweging op te leggen aan de stangen, om de stangen te manipuleren en zorgt voor de verbinding tussen de boormachine en de boorstangen.

De boorstangen brengen de draaiende beweging over van de boorkop naar de boorhamer en staan in voor het transport van lucht naar de boorhamer.

De compressor brengt de lucht onder druk. De lucht drijft de boorhamer aan en verwijdert vervolgens de boorcuttings samen met grondwater uit het boorgat.

In niet gescheurde stabiele rotspartijen kan geboord worden zonder verbuizing.

In grind, steenpuin, sterk gescheurde rotsmassieven is een verbuizing van het boorgat noodzakelijk om de boorgatwand te stabiliseren.

Aangezien de techniek niet geschikt is om te boren in sedimentaire afzettingen wordt ze meestal gebruikt in combinatie met andere boortechnieken. Hierbij wordt eerst door de sedimenten geboord met behulp van de spoelboor- of zuigboortechniek. Vervolgens wordt een verbuizing aangebracht tot op de rotsformatie. De verbuizing wordt afgedicht ter hoogte van de rotsformatie met behulp van een cementstop. Tot slot wordt er al dan niet verbuisd verder geboord doorheen de rotsformatie met behulp van de hamerboortechniek.

Voor de regio van Brussel en voor de grondlagen die in aanmerking komen voor hydrothermische systemen is deze techniek niet relevant. De afzettingen zijn immers allen van sedimentaire oorsprong en zijn nog niet in dergelijke mate gemetamorfiseerd dat het hamerboren noodzakelijk is.

Voordelen :

- geen toevoer van bodemvreemde stoffen
- weinig waterverbruik
- goede boorbeschrijving mogelijk
- kan gebruikt worden om steenpuin en grindformaties te doorboren

Nadelen :

- bijzonder materieel is vereist
- verbuizing is noodzakelijk
- versmering van de boorgatwand tengevolge van de boormethode en de verdichting van de grond
- niet toepasbaar in sedimentaire (zand en klei)

2.8.2 Risico analyse

Voor de risico analyse wordt verwezen naar de paragraaf Risicoanalyse voor de uitvoering van boringen.

2.8.3 Milderende en remediërende maatregelen

Voor de milderende en remediërende maatregelen wordt verwezen naar de paragraaf Milderende en remediërende maatregelen voor boormethoden.

2.8.4 Kosten baten analyse van milderende en remediërende maatregelen

Voor de kosten baten analyse wordt verwezen naar de paragraaf Kosten-baten analyse van milderende en remediërende maatregelen.

Aangezien de toepassing van de techniek met verbuizing eerder kostelijk is zal zij enkel worden toegepast indien de overige technieken niet voldoende rendement halen.

De techniek zal in Brussel zelden toegepast moeten worden aangezien de ondergrond voornamelijk bestaat uit sedimentaire gesteenten.

De techniek kan ingezet worden voor het doorboren van steenpuin aanvullingen, baksteenfunderingen, funderingen van ongewapend beton. De voorwaarde is hier echter dat er geen wapening, houten balken, metalen platen in de aanvulling aanwezig mag zijn.

2.9 Risicoanalyse voor de uitvoering van boringen

Tabel 2 geeft de risico's voor de uitvoering van geothermische boringen opgesplitst volgens boormethode.

Tabel 2: Risico's boormethoden

ID	Risico	Spelboren	Zuigboren	Pulsboren	Avegaarboren	Intrillen en indrukken	Hamerboren
R1	Geluidsproductie tijdens de boorwerken	+	+	+	+	+	++
R2	Wegstromend spoelwater	++	++	--	--	--	+
R3	Gebruik van vervuild spoelwater	++	++	--	--	--	--
R4	Afvoer van spoelwater	++	++	--	--	--	--
R5	Waterverbruik	++	++	--	--	--	--
R6	Schade aan omgeving door de boorwerken	+	+	+	+	+	+
R7	Verzwakking van de stabiliteit van de aanpalende gebouwen	++	++	+	+	++	+
R8	Algemene instabiliteit van het boorgat	+	+	-	-	-	-
R9	Instabiliteit ter hoogte van zeer goed doorlatende niet cohesieve gronden (grind)	+	+	-	-	-	-
R10	Opboren van vervuilde grond	+	+	+	+	-	+
R11	Uitsmeren van verontreinigde grond en grondwater	++	++	+	+	+	+
R12	Infiltratie van hemelwater en oppervlaktewater	+	+	+	+	+	+
R13	Mengen van grondwater uit verschillende watervoerende lagen	+	+	+	+	+	+
R14	Verhoging van de stromingsweerstand van de bron (dichtslibben van de bron, ...)	+	+	+	+	+	+

++ risico is groot + risico is reëel - risico is klein -- risico is onbestaand

Risico 1 : Geluidsproductie tijdens de boorwerken

Geluidsproductie is inherent aan het werken met boormachines. In normale omstandigheden is de hinder aanvaardbaar. In stille gebieden en buiten de normale werkuren (boren tijdens de nacht) kan de hinder mogelijk onaanvaardbaar zijn.

Risico 2 : Wegstromend spoelwater

Bij gebruik van spoelwater kan dit spoelwater bij een onzorgvuldige aanleg van de watervoorzieningen en bij een onvoldoende afdichting van het boorgat wegstromen naar de omgeving. Hierdoor kan schade ontstaan (ondergelopen kelders, ondergelopen uitgravingen van nutsleidingen, ...).

Bij het hamerboren wordt er door perslucht grondwater uit het boorgat geblazen. Indien dit water niet oordeelkundig wordt opgevangen kan hierdoor eveneens schade ontstaan.

Risico 3 : Gebruik van vervuild spoelwater

Indien gebruik wordt gemaakt van vervuild spoelwater kan er een bodemverontreiniging worden veroorzaakt in de ondergrond.

Risico 4 : Afvoer van spoelwater

Bij gebruik van spoelwater zal er spoelwater geloosd worden of afgevoerd worden naar het rioleringsstelsel en/of naar oppervlaktewater. Dit spoelwater bevat opgeloste stoffen, stoffen in suspensie en eventueel opgeboorde sedimenten.

Risico 5 : Waterverbruik

Bij gebruik van spoelwater zal er oppervlaktewater of leidingwater worden verbruikt. Tijdens de ontwikkeling van de bron kan er grondwater worden verbruikt.

Risico 6 : Schade aan de omgeving door boorwerken

De boormachine en de boorwerken kunnen schade berokkenen aan de omgeving (beschadiging wegdek en plantsoenen, doorboren van nutsleidingen, interferentie met luchtleidingen, ...).

Risico 7 : Verzwakken van de stabiliteit van de aanpalende funderingen

Indien de boring wordt aangelegd binnen de invloedzone van de fundering van een gebouw dan zal zij deze invloedzone verstoren. Een verstoring zal aanleiding geven tot een verzwakking van de fundering. Het risico op verstoring is afhankelijk van het type van de fundering (paalfundering > strookfundering > fundering op plaat) en van de afstand tussen de boring en de fundering.

Risico 8 : Instabiliteit van het boorgat

Voornamelijk bij het type boringen waarbij het boorgat gestabiliseerd wordt door middel van een boorvloeistof bestaat het risico op instabiliteit van het boorgat. Hierdoor ontstaat ter hoogte van de boring een krater met schade aan de boormachine en eventueel omliggende gebouwen tot gevolg.

Risico 9 : Instabiliteit van het boorgat ter hoogte van zeer goed doorlatende niet cohesieve gronden (grind, grove aanvullingen, ...)

Zelfs bij behoud van overdruk kan het boorgat instabiel worden bij het doorboren van niet cohesieve grofkorrelige formaties (grind). Bovendien zal het zeer moeilijk zijn om in dergelijke formaties voldoende overdruk te behouden. De formaties zijn immers zeer doorlatend. Dit betekent dat met een beperkte overdruk een groot spoelwaterverlies kan overeenkomen.

Risico 10 : Opboren van vervuilde grond / vervuild spoelwater

Indien er geboord wordt in verontreinigde gronden dan zal de opgeboorde grond eveneens verontreinigd zijn. De grond zal volgens de geldende richtlijnen behandeld moeten worden. Ook het spoelwater zal verontreinigd worden en dient voor lozing op een gepaste wijze behandeld te worden.

Risico 11 : Uitsmeren van verontreinigde grond en grondwater

Indien er geboord wordt in verontreinigde gronden dan zal het spoelwater eveneens vervuild worden. Het spoelwater kan vervolgens infiltreren in dieperliggende niet vervuilde grondlagen.

Risico 12 : Infiltratie van regen- en oppervlaktewater

Tijdens het boren kan het gebeuren dat er regenwater of oppervlaktewater via het boorgat in de watervoerende lagen sijpelt.

Risico 13 : Mengen van verschillende soorten grondwater

Tijdens het boren worden doorheen het boorgat verschillende watervoerende lagen met elkaar in contact gebracht. Hierdoor kunnen de verschillende soorten grondwater eveneens met elkaar in contact komen.

Risico 14 : Verhoging van de stromingsweerstand van de bron

De hydraulische weerstand van de bron kan door de boormethode worden verhoogd.

Denk hierbij aan het vormen van een bentoniet afzetting op de boorgatwand, het verdichten van de boorgatwand in formaties bestaande uit kleihoudend zand, het dichtsmeren van de boorgatwand door het inbrengen van een verbuizing, ...

2.10 Milderende en remediërende maatregelen voor boormethoden

Er wordt een overzicht en een beschrijving gegeven van alle van toepassing zijnde milderende en remediërende maatregelen voor de boormethoden. Per risico wordt in tabelvorm aangegeven waaruit de mogelijke milderende en remediërende maatregelen bestaan. In dit gedeelte worden enkel de maatregelen behandeld die van toepassing zijn op alle boormethoden (Tabel 3). Maatregelen die enkel van toepassing zijn op specifieke boormethoden worden afzonderlijk vermeld in het gedeelte dat van toepassing is op deze boormethode.

Tabel 3: Milderende en remediërende maatregelen boormethoden

ID	Milderende en remediërende maatregelen
MM1	Geen nacht en weekendwerk
MM2	Geluidwerende panelen
MM3	Geluidsarm materieel
MM4	Correct aangelegd spoelsysteem
MM5	Correct aangelegd afvoersysteem voor het spoelwater
MM6	Leidingwater gebruiken
MM7	Decantatie van sedimenten
MM8	Filtratie van het spoelwater / boorvloeistof
MM9	Aan vervuiling aangepaste waterzuivering
MM10	Recirculatie van het spoelwater
MM11	Aanbrengen van rijplaten
MM12	Opsporen en sonderen van leidingen
MM13	Herstellen van aangebrachte schade
MM14	Afstand houden ten opzichte van het gebouw
MM15	Tijdelijke verhuizing aanbrengen
MM16	Permanente verhuizing aanbrengen
MM17	Voldoende spoelwater voorzien / voldoende pompcapaciteit voorzien
MM18	Gebruik van spoeladditieven
MM19	Verwerken van de grond in overeenstemming met de bestaande reglementering
MM20	Spoelwater verversen
MM21	Boorgat afschermen
MM22	Geen additieven gebruiken in het spoelwater
MM23	Biodegradeerbare additieven gebruiken in het spoelwater
MM24	Adequate bronontwikkeling
MM25	Geen verhuizing gebruiken
MM26	Kleistop aanbrengen ter hoogte van scheidende watervoerende lagen
MM27	Kleistop aanbrengen ter hoogte van het maaiveld
MM28	Putbuis waterdicht afdichten
MM29	Verhoogd opstellen van de boorinstallatie
MM30	Boren met overdruk met behulp van een sas

Maatregel 1 : Geen nacht en weekendwerk

's nachts en in het weekeinde wordt er niet gewerkt omdat er dan minder omgevingsgeluid is en de boorwerken bijgevolg meer geluidsoverlast veroorzaken.

Maatregel 2 : Geluidwerende panelen

De werkzone wordt afgezet met geluidswerende en dempende panelen die het geluid enerzijds absorberen en anderzijds reflecteren in een toelaatbare richting.

Maatregel 3 : Geluidsarm materieel

Geluidsreductie aan de bron. Er wordt zoveel als mogelijk gebruik gemaakt van geluidsomkaste apparaten (generatoren, compressoren, ...)

Maatregel 4 : Correct aanleggen spoelsysteem

Het spoelsysteem wordt zo aangelegd dat er een waterdicht circuit ontstaat. Het boorgat wordt zodanig afgedicht dat er geen spoelwater kan lekken tussen de boorgatwand en de boormachine.

Maatregel 5 : Correct aangelegd afvoersysteem voor het spoelwater

Het teveel aan spoelwater wordt via een lekvrij leidingsysteem afgevoerd naar de riolering of naar een oppervlaktewater.

Maatregel 6 : Leidingwater gebruiken

Leidingwater wordt gebruikt als spoelwater en bij het aanleggen van de boorvloeistof.

Maatregel 7 : Decantatie van sedimenten

De boorvloeistof wordt ontdaan van opgeboord materiaal met een diameter groter dan 63 micrometer.

Maatregel 8 : Filtratie van spoelwater / boorvloeistof

De boorvloeistof wordt ontdaan van fijn materiaal met een diameter kleiner dan 63 micrometer.

Maatregel 9 : Waterzuivering aangepast aan de aangetroffen verontreiniging

Het spoelwater wordt over een waterzuivering geleid en de verontreiniging wordt verwijderd tot onder de wettelijke grenswaarde.

Maatregel 10 : Recirculatie van het spoelwater

Het spoelwater wordt in een gesloten circuit behouden. Aan het boorfront wordt het beladen met boorcuttings. De boorvloeistof wordt over een zeef en/of een bezinkingscontainer of cycloon geleid. De boorvloeistof is nu terug vrij van boorcuttings en kan hergebruikt worden.

Maatregel 11 : Aanbrengen van rijplaten

Kwetsbare ondergrond worden tegen beschadiging door rupsvoertuigen beschermd. Grasvelden worden tegen beschadiging door bandenvoertuigen en rupsvoertuigen beschermd.

Maatregel 12 : Opsporen en sonderen van leidingen

Leidingen van gas, water, elektriciteit en telecommunicatie die eventueel zouden voorkomen ter hoogte van de boorplek worden opgespoord via plannen en door het maken van voorgaten ter hoogte van de boorplaats.

Maatregel 13 : Herstellen van aangebrachte schade

Schade wordt voorkomen door een aandachtige studie van de uitvoering van de werken. Indien er toch schade wordt aangericht dan wordt de oorspronkelijke toestand ten laste van de uitvoerder hersteld.

Maatregel 14 : Afstand houden ten opzichte van het gebouw

In functie van de aard van de fundering wordt er voldoende afstand bewaard ten opzichte van het gebouw om geen schade te veroorzaken. De afstand wordt bepaald door een bouwkundig ingenieur.

Maatregel 15 : Tijdelijke verbuizing aanbrengen

Er wordt een stalen verbuizing aangebracht. Binnen de verbuizing wordt de grond verwijderd. Tijdens het aanvullen van de bron wordt de verbuizing verwijderd.

Maatregel 16 : Permanente verbuizing aanbrengen

Er wordt een stalen verbuizing aangebracht. Binnen de verbuizing wordt de grond verwijderd. Binnen de verbuizing wordt eveneens grond aangevuld. De verbuizing blijft achter in de grond.

Maatregel 17 : Voldoende spoelwater voorzien

Voor de aanvang van de werken wordt nagegaan of er voldoende spoelwater beschikbaar is om ten allen tijde het boorgat stabiel te kunnen houden. De nodige hulpmiddelen worden voorzien om voldoende spoelwater te kunnen aanvoeren tijdens de boorwerken.

Maatregel 18 : Gebruik van spoeladditieven

Aan het spoelwater worden additieven toegevoegd om de dichtheid en de ionische samenstelling van de boorvloeistof te wijzigen. Alle toxische stoffen zijn per definitie uitgesloten. Bentoniet en zwellende klei zijn eveneens uitgesloten. Toegelaten zijn: CMC (carboxy methyl cellulose), PAC (Poly anion cellulose) en vergelijkbare biologisch of chemisch eenvoudig afbreekbare additieven. Gemalen kalksteen of dolomiet kan toegevoegd worden om overdruk te bekomen in geval van een te lage opstelhoogte. Het is echter beter om de boorstelling verhoogd op te stellen.

Maatregel 19 : Verwerken van de grond in overeenstemming met de bestaande reglementering

De opgeboorde grond wordt geïnspecteerd op mogelijke verontreiniging en wordt vervolgens verwerkt volgens de geldende reglementering ter zake. Indien er geen aanwijsbare reden is voor de aanwezigheid van een verontreiniging dan wordt de grond als niet verontreinigd beschouwd. Verontreinigde grond wordt gescheiden opgeslagen van niet verontreinigde grond. Verontreinigde grond wordt opgeslagen op een niet doorlatende folie en afgeschermd van regen- en oppervlaktewater.

Maatregel 20 : Spoelwater verversen

Het gebruikte spoelwater wordt via een eventuele waterzuivering afgevoerd. De boring wordt verdergezet met nieuw niet verontreinigd spoelwater of met boorvloeistof die aangemaakt is met niet verontreinigd grondwater.

Maatregel 21 : Boorgat afschermen

Het boorgat wordt zodanig afgeschermd dat er geen oppervlaktewater in kan stromen.

Maatregel 22 : Geen additieven gebruiken in het spoelwater

Er worden geen additieven toegevoegd aan het boorwater.

Maatregel 23 : Biodegradeerbare additieven gebruiken in het spoelwater

Er worden enkel biodegradeerbare additieven toegevoegd aan het spoelwater. Deze additieven zijn afgebroken na een periode van maximaal 1 week onder de geldende omstandigheden (aëroob of niet aëroob) in de watervoerende laag waarin het filtergedeelte wordt aangezet.

Maatregel 24 : Adequate bronontwikkeling

De bron wordt op een adequate wijze ontwikkeld door intermitterend pompen, zodanig dat de Membraan Filter Index van het opgepompte water stabiel is (geen verbetering doormaakt bij verdere ontwikkeling) bij de ontwerpcapaciteit en kleiner is dan maximaal 5 s/l².

Maatregel 25 : Geen verbuizing

Er wordt geen verbuizing toegepast.

Maatregel 26 : Kleistop aanbrengen ter hoogte van weinig doorlatende lagen

Ter hoogte van een waterremmende laag wordt aan de bovenzijde en de onderzijde van deze weinig doorlatende laag een kleistop aangebracht met een hoogte van minimaal 3 m.

Maatregel 27 : Kleistop aanbrengen ter hoogte van het maaiveld

Ter hoogte van het maaiveld wordt een kleistop aangebracht met een hoogte van minimaal 2 m.

Maatregel 28 : Putbuis waterdicht afdichten

De putbuis wordt na het beëindigen van de boring waterdicht afgewerkt met een tijdelijke of een permanente putkap.

Maatregel 29 : Boorinstallatie verhoogd opstellen

De boorinstallatie wordt verhoogd opgesteld.

Maatregel 30 : Boren onder overdruk met behulp van een sas

De boorvloeistof wordt permanent op druk gehouden in een van de atmosfeer afgescheiden circuit.

2.11 Kosten-baten analyse van milderende en remediërende maatregelen

Tabel 4 geeft een overzicht van de kosten-baten van milderende en remediërende maatregelen. Veel van de voorgestelde maatregelen komen dan ook overeen met goed vakmanschap en dit betekent een goed resultaat voor een beperkte meerkost. De kosten-baten analyse wordt voor alle boormethoden toegepast.

Tabel 4: Kosten-baten analyse milderende en remediërende maatregelen

ID	Milderende en remediërende maatregelen	Kosten	Baten
MM1	Geen nacht en weekendwerk	-	+
MM2	Geluidwerende panelen	+	-
MM3	Geluidsarm materieel	-	+
MM4	Correct aangelegd spoelsysteem	-	+
MM5	Correct aangelegd afvoersysteem voor het spoelwater	-	+
MM6	Leidingwater gebruiken	-	+
MM7	Decantatie van sedimenten	-	+
MM8	Filtratie van het spoelwater / boorvloeistof	+	-
MM9	Aan vervuiling aangepaste waterzuivering	+	+
MM10	Recirculatie van het spoelwater	-	+
MM11	Aanbrengen van rijplaten	-	+
MM12	Opsporen en sonderen van leidingen	-	+
MM13	Herstellen van aangebrachte schade	+	+
MM14	Afstand houden ten opzichte van het gebouw	-	+
MM15	Tijdelijke verbuizing aanbrengen	+	+
MM16	Permanente verbuizing aanbrengen	++	+
MM17	Voldoende spoelwater voorzien / voldoende pompcapaciteit voorzien	-	+
MM18	Gebruik van spoeladditieven	-	+
MM19	Verwerken van de grond in overeenstemming met de bestaande reglementering	-	+
MM20	Spoelwater verversen	-	+
MM21	Boorgat afschermen	-	+
MM22	Geen additieven gebruiken in het spoelwater	-	+
MM23	Biodegradeerbare additieven gebruiken in het spoelwater	+	-
MM24	Adequate bronontwikkeling	+	+
MM25	Geen verbuizing gebruiken	-	+
MM26	Kleistop aanbrengen ter hoogte van scheidende watervoerende lagen	-	+
MM27	Kleistop aanbrengen ter hoogte van het maaiveld	-	+
MM28	Putbuis waterdicht afdichten	-	+
MM29	Verhoogde opstelling van de boorinstallatie	+	+
MM30	Boren onder overdruk met behulp van een sas	++	+

Kosten : ++: zeer hoge kost, + hoge kost / - lage kost Baten : + veel effect / - weinig effect

Het zijn vooral de externe factoren die belangrijke kostenimplicaties kunnen hebben. Het plaatsen van een verbuizing en het toepassen van een waterzuivering kunnen mogelijk de kosten hoog opdrijven. Deze maatregelen komen voor indien gewerkt wordt ter hoogte van vervuilde gronden, in de onmiddellijke nabijheid van gebouwen of op een locatie waar een omvangrijke niet cohesieve en goed doorlatende afzetting aanwezig is (aanvulling met steenpuin, grindafzetting, ...).

2.12 Samenvattende tabel boormethoden

Tabel 5: Samenvattende tabel boormethoden

Boormethode	Spoelboren	Zuigboren	Pulsboren	Avegaarboren	Intrillen en indrukken	Hamerboren
Snelheid boormethode	Snel	Snel	Traag	Traag	Traag	Traag
Haalbare diepte	Grote dieptes	Grote dieptes	Ondiep	Beperkt	Beperkt	Beperkt
Economisch	Goedkoop	Goedkoop	Duur	Duur	Goedkoop	Duur
Beschrijving bodem	Onnauwkeurig	Goed	Zeer goed	Goed	Niet mogelijk	Goed
Boorgatdiameter	Max 400 mm	> 1000 mm	Beperkt	Beperkt	Beperkt	Beperkt
WATERVERBRUIK	Veel	Veel	Weinig	Weinig	Geen	Geen
Verspreiding verontreiniging	Is mogelijk	Is mogelijk	Nvt	Nvt	Nvt	Nvt
Boormethode open systemen		X				
Boormethode gesloten systemen	X				X	

Nvt: niet van toepassing

De toepasbaarheid van de boortechnieken is voornamelijk gebonden aan de opbouw van de ondergrond. Bij de beschrijving van de diverse boortechnieken is aangegeven wat de eventuele beperkingen van de techniek zijn met betrekking tot de bodemopbouw. De onderstaande technieken zijn algemeen toepasbaar in Regio Brussel :

- spoelboren

- zuigboren

De overige technieken zijn niet algemeen toepasbaar omwille van de aanwezigheid van stijve klei, zandsteenbanken :

- pulsboren (problematisch in stijve klei, grind en rots)
- avegaarboren (problematisch in versteende formaties)
- intrillen en indrukken (problematisch in stijve klei en versteende formaties)

Hamerboren tenslotte is voor ondiepe boringen in Regio Brussel niet bruikbaar aangezien er ondiep geen harde vaste rotsen zijn. Op grote diepte (100 m à 200 m) is hamerboren de enige wenselijke optie aangezien de bodem dan bestaat uit harde vaste rots.

Plaatsing van filterelementen is mogelijk bij alle boortechnieken waarbij het boorgat gestabiliseerd wordt en open blijft staan.

Tabel 6 en Tabel 7 geven voor de open en gesloten systemen een verdeling van de kosten/baten analyse van de verschillende boormethoden.

Tabel 6: Samenvattende tabel kosten/baten boormethoden (voor open systemen)

	Spoelboren	Zuigboren	Pulsboren	Avegaarboren	Intrillen	Hamerboren	GEWICHT
Milieutechnische aspecten	59,8	59,8	85	85	97,5	62,4	20
<i>Vervuiling</i>	50	50	100	100	100	100	30
<i>Watergebruik</i>	66	66	100	100	100	33	30
<i>Grondafvoer</i>	50	50	50	50	100	50	30
<i>Trillingen</i>	100	100	100	100	50	100	5
<i>Geluid</i>	100	100	100	100	100	50	5
Technisch	64,68	89,18	56,51	41,51	32,34	39,84	50
<i>Kwaliteit boorgat</i>	66	100	33	33	33	33	50
<i>Kwaliteit boorbeschrijving</i>	50	75	100	50	25	50	30
<i>Inzetbaarheid</i>	75	75	50	50	50	50	6,67
<i>Diepte</i>	100	75	50	50	50	50	6,67
<i>Diameter</i>	75	100	50	50	25	25	6,67
Financieel	100	95	25	50	50	50	30
<i>Kostprijs</i>	100	95	25	50	50	50	100
TOTAAL	74,30	85,05	52,75	52,75	50,67	47,40	

Tabel 7: Samenvattende tabel kosten/baten boormethoden (voor gesloten systemen)

	Spoelboren	Zuigboren	Pulsboren	Avegaarboren	Intrillen	Hamerboren	GEWICHT
Milieutechnische aspecten	59,8	59,8	85	85	97,5	62,4	20
<i>Vervuiling</i>	50	50	100	100	100	100	30
<i>Watergebruik</i>	66	66	100	100	100	33	30
<i>Grondafvoer</i>	50	50	50	50	100	50	30
<i>Trillingen</i>	100	100	100	100	50	100	5
<i>Geluid</i>	100	100	100	100	100	50	5
Technisch	74,25	74,25	66,00	49,50	41,25	49,50	50
<i>Kwaliteit boorgat</i>	100	100	33	33	33	33	0
<i>Kwaliteit boorbeschrijving</i>	50	75	100	50	25	50	33
<i>Inzetbaarheid</i>	75	75	50	50	50	50	33
<i>Diepte</i>	100	75	50	50	50	50	33
<i>Diameter</i>	75	100	50	50	25	25	0
Financieel	100	75	25	50	50	50	30
<i>Kostprijs</i>	100	75	25	50	50	50	100
TOTAAL	79,09	71,59	57,50	56,75	55,13	52,23	

2.13 Samenvattende tabel hinder/risico versus maatregelen

Tabel 8 geeft de relatie aan tussen de risico's en de milderende en remediërende maatregelen. Voor de definities van de hinder / risico wordt verwezen naar Tabel 2, voor de remediërende en milderende maatregelen naar Tabel 3.

Tabel 8: Samenvattende tabel hinder/risico versus maatregelen

	Hinder / Risico													
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14
MM1	X													
MM2	X													
MM3	X													
MM4		X												
MM5		X												
MM6			X											
MM7				X										
MM8				X										
MM9				X										
MM10					X									
MM11						X								
MM12						X								
MM13						X								
MM14							X							
MM15							X	X	X		X			
MM16							X				X			
MM17								X						
MM18								X	X					
MM19										X				
MM20											X			
MM21												X		
MM22														X
MM23														X
MM24														X
MM25														X
MM26											X		X	
MM27												X		
MM28												X		
MM29								X						
MM30								X						

3 TAAK 2: BESCHRIJVING EN KWANTIFICERING MILIEUEFFECTEN

3.1 Inleiding

De in deze studie betrokken geothermische systemen zijn de volgende [6]:

- TECH-1: Koude-warmteopslag (KWO)
- TECH-2: Louter grondwateronttrekking
- TECH-3: Horizontale bodemwarmtewisselaars
- TECH-4: Verticale bodemwarmtewisselaars (opslagsysteem)
- TECH-5: Verticale bodemwarmtewisselaars (onttrekkingsysteem)
- TECH-6: Energiepalen
- TECH-7: Grondbuizen

In dit hoofdstuk worden voor de open (TECH-1 en TECH-2) en voor de gesloten systemen (TECH-3 tot en met TECH-6) de verschillende milieueffecten beschreven en gekwantificeerd. De kwantificering wordt uitgevoerd voor de milieueffecten waar volgens de inschrijvers voldoende technische ervaringsgegevens beschikbaar zijn, numeriek berekend kunnen worden en een milieutechnische meerwaarde geven. De basis van de kwantificering wordt uitgevoerd volgens de methodiek beschreven in de NOVEM studie [5] aangevuld met specifieke Brusselse gegevens. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen de verschillende Brusselse bodems, de systeemgrootte van de installatie en de geothermische techniek. Deze studie vertrekt als basis vanuit de VITO studie [6].

In de studie beschouwen we de systeemgrens voor de bepaling van de milieueffecten als zijnde de eigenlijke installatie in de bodem inclusief warmtewisselaar in het gebouw maar exclusief de warmtepomp. De combinatie van al deze systeemparameters leidt bij de gesloten systemen tot een totaal van 192 systeemcombinaties.

Opmerking:

De auteurs wijzen op het feit dat de kwantificering van de milieueffecten gebaseerd zijn op nationale en internationale ervaringsgegevens en dat deze per project sterk kunnen verschillen of afwijken van de berekende resultaten door oorzaken bij het ontwerp, realisatie, beheer en onderhoud van een installatie. Meer dan louter de exacte numerieke cijfers dient aandacht te worden gevestigd op het feit dat de verschillende geothermische systemen steeds goed gedimensioneerd dienen te worden. Het gebruik van eenduidige ontwerpregels is hier niet van toepassing vanwege de systeemdynamica van de bodem. Het gebruik van numerieke simulatiemodellen zowel voor open als voor gesloten systemen is dan ook bij elk project aan te bevelen (zie later in taak 3 en verder).

3.2 Karakterisatie Brusselse bodems

Belangrijk bij de evaluatie van de verschillende milieueffecten is de keuze van de te beschouwen Brusselse bodems. De Brusselse bodem vertoont een zeer sterk reliëf en sterk verschil in geologische formaties en samenstellingen [6].

In overleg met het BIM zijn voor de open systemen twee bodemtypes weerhouden die overeenkomen met de beschikbare aquifers binnen het Brusselse grondgebied zijnde het Brusseliaan en het Landeniaan.

Voor de evaluatie van de verticale systemen zijn 3 bodemtypes weerhouden die overeenkomen met de geschiktheidsgrenzen van de BEO kanskaart. De auteurs willen er de aandacht op vestigen dat door de verscheidenheid van de Brusselse bodem en het sterke reliëf de bodemtypes slechts een spiegel vormen van de werkelijkheid en dat lokaal grote verschillen kunnen optreden.

3.2.1 Referentiebodems voor open systemen

Voor regio Brussel wordt het onderzoek toegespitst op twee watervoerende lagen.

Een eerste watervoerende laag die in aanmerking komt voor koude warmteopslag zijn de zanden van Brussel. Deze zanden komen voornamelijk voor in het Oosten en het Zuidwesten van de regio. Het betreft meestal een freatische watervoerende laag met een verzadigde hoogte van ca. 30 m.

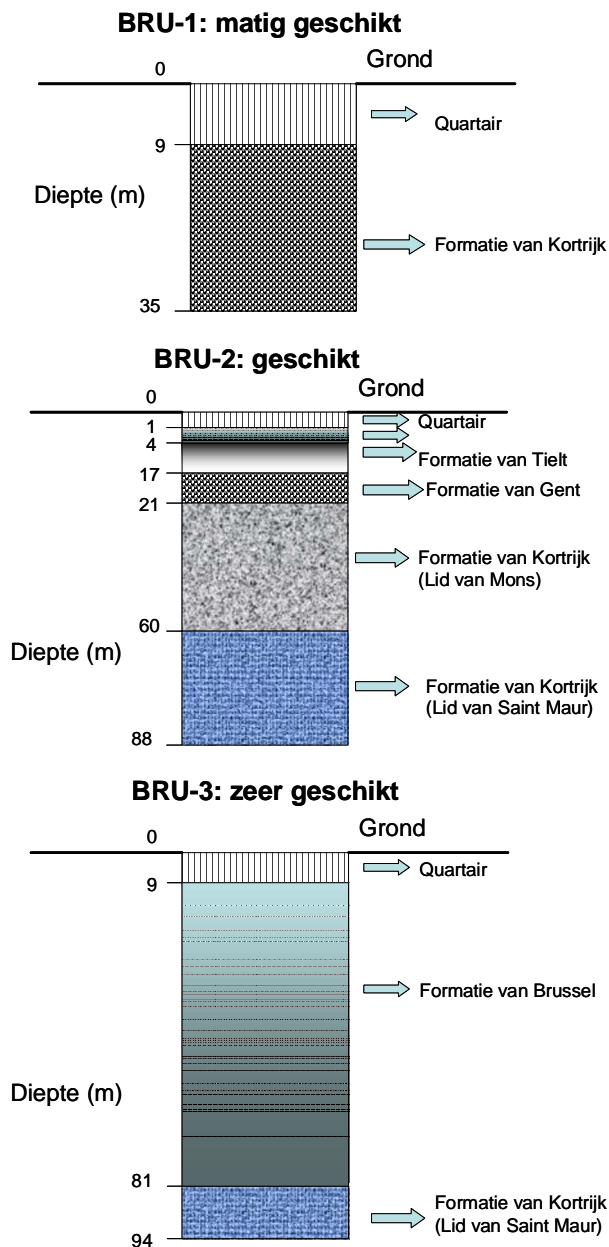
De tweede watervoerende laag die in aanmerking kan komen voor koude warmteopslag is het versteende en sterk gebroken gedeelte van de formatie van Landen. De formatie van Landen komt voor in de hele regio. Het faciës dat een goede doorlatendheid heeft en koude-warmteopslag mogelijk maakt niet noodzakelijk.

3.2.2 Referentiebodems voor gesloten systemen

De Brusselse bodem wordt voor de gesloten systemen onderverdeeld in:

- BRU-1: matig geschikt
- BRU-2: geschikt
- BRU-3: zeer geschikt

De beschreven profielen geven slechts een zeer ruwe indicatie van de Brusselse bodem en zijn enkel gedefinieerd vanuit de bepaling van de milieueffecten (Figuur 4).



Figuur 4: Brusselse bodemreferenties voor gesloten systemen

De Brusselse bodem **BRU-1** is gekenmerkt door een zeer uniform verdeelde bodem bestaande uit een quartaire toplaag gevolgd door de Formatie van Kortrijk. Deze bodem werd in de studie [6] als matig geschikt bevonden voor de plaatsing van verticale bodemwarmtewisselaars vanwege de lage geleidbaarheid. In deze bodem zijn er meer meters wisselaarlengthe benodigd dan in een geschikte of zeer geschikte bodem.

De Brusselse bodem **BRU-2** is gekenmerkt door een meer veelzijdig opbouw bestaande uit de formaties van Brussel, Tielt, Gent en een belangrijk deel Formatie van Kortrijk. Deze bodem is meer geschikt voor de toepassing van verticale bodemwarmtewisselaars vanwege de beschikbare diepte en de hogere geleidbaarheid dan in bodem BRU-1. De bodem bevat ook meer zandige fracties wat een positief effect heeft op de geleidbaarheid.

De Brusselse bodem **BRU-3** is gekenmerkt door een zeer uniform verdeelde bodem bestaande uit een quartaire deklaag gevolgd door een groot deel Formatie van Brussel en Kortrijk. De prestaties van de verticale systemen zijn in deze bodem het best. In deze bodems zijn ook het minst aantal wisselaarlengthe nodig voor eenzelfde vermogen in vergelijking met de bodemtype BRU-1 en BRU-2.

3.3 Milieueffecten open systemen

Bij de techniek van koude-warmteopslag (TECH-1) worden twee bellen aangemaakt. Eén bel heeft een hogere temperatuur dan de grondwatertemperatuur, de andere bel heeft een lagere temperatuur dan de gemiddelde grondwatertemperatuur.

Kenmerkend voor dergelijke systemen is dat de stromingsrichting in het grondwatersysteem wordt omgekeerd in functie van de netto energievraag van de toepassing. Indien er netto koudevraag is vanuit de toepassing dan wordt er koud water onttrokken aan de koude bel. Dit water wordt gebruikt om koude te leveren, waardoor het zelf opwarmt. Het opgewarmde grondwater wordt geïnjecteerd in de warme bel. Indien er een netto warmtevraag is dan wordt het water onttrokken aan de warme bel. Het water geeft zijn warmte af aan de toepassing en wordt zelf afgekoeld. Het koude water wordt vervolgens geïnjecteerd in de koude bel.

Voor de toepassing van koude-warmteopslag in beide watervoerende pakketten is tot nader order sitespecifiek bijkomend onderzoek noodzakelijk om de fysieke haalbaarheid van het project te kunnen onderbouwen en om een goed ontwerp te kunnen maken.

Bij de techniek van louter grondwateronttrekking (TECH-2) wordt grondwater onttrokken aan één bron. Na de afgifte van koude of warmte wordt het water afgekoeld of opgewarmd terug in de bodem geïnjecteerd. Zo ontstaat er op termijn een grote koude of warme bel. De stromingsrichting wordt bij deze systemen niet omgekeerd.

Tabel 9: Milieueffecten open systemen (TECH-1 en 2)

ID	Milieueffecten open systemen
ME1	Menging van verzilt grondwater
ME2	Aantrekken en verplaatsen van verontreinigingen
ME3	Lekken van milieuvreemde stoffen naar de bodem
ME4	Hydraulisch invloedsgebied
ME5	Beïnvloeding van het grondwaterpeil ter hoogte van het maaiveld
ME6	Zettingen tengevolge van grondwaterverlagingen
ME7	Invloed op de vegetatie
ME8	Thermische beïnvloeding van de diepe ondergrond
ME9	Thermische beïnvloeding van de ondiepe ondergrond
ME10	Percentage extra infiltratie door de deklagen langs de boorgaten

3.3.1 Invloed van het secundaire proces op de milieueffecten

De processen die instaan voor de productie van koude en warmte behoren tot de secundaire kring en kunnen volgende milieupact hebben :

- 1. Verontreiniging van het grondwater door lekkage of direct contact tussen het proceswater en het grondwater.**

Het is duidelijk dat er geen direct contact mag zijn tussen het grondwater en het proceswater. Alle warmtewisselingen zullen uitgevoerd worden via een warmtewisselaar. Afhankelijk van de aard van het medium in de wisselaar en het drukverschil tussen het procescircuit en het grondwatercircuit kan een beslissing genomen worden.

Hierbij kan volgend beslissingstabel gehanteerd worden voor de beoordeling van het risico op verontreiniging (zie Tabel 10).

Tabel 10: Beslissingstabel beoordeling risico op verontreiniging (TECH 1-2)

Secundair medium	Primaire druk > secundaire druk	Primaire druk < secundaire druk
Water	--	-
Mengsel water - antivries	-	+
Koudemiddel	-	++

-- zeer laag risico / - laag risico / + reëel risico / ++ hoog risico

Indien de druk in het systeem lager is dan de druk in het grondwatercircuit dan zal het grondwater binnendringen in het secundair circuit. Er is geen negatieve milieuïmpact. Het proces kan verstoord worden. Indien de druk in het systeem hoger is dan de druk in het grondwatercircuit kan het secundair medium zich mengen met het grondwater en bestaat het milieueffect uit een verontreiniging van de grond en het grondwater met het secundair medium.

In beide gevallen zal er een volumestroom plaatsvinden tussen secundair en primair systeem. Dit zal het mogelijk maken om lekken te detecteren.

2. CO₂ emissiereductie tengevolge van de efficiëntie van het secundair proces.

Het positieve milieueffect van koude-warmteopslag bestaat uit het terugdringen van het primair energieverbruik. De reductie van de CO₂ emissie is afhankelijk van de eigenschappen van het secundair systeem en van het rendement van de opslag. Het rendement van de opslag is controleerbaar via het ontwerp van de opslag. Voor de efficiëntie van het secundair systeem speelt het concept van het secundair systeem een belangrijke rol.

Hierbij kan er een onderscheid gemaakt worden tussen de onderstaande systemen (Tabel 11).

Tabel 11: Indeling open systemen naar concepten

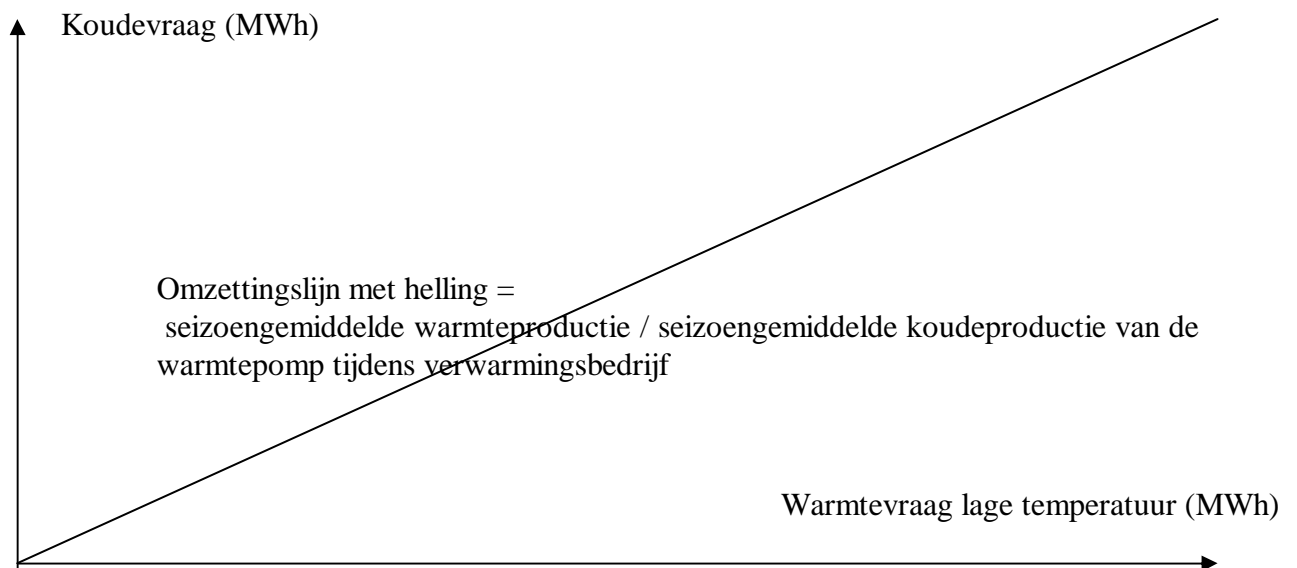
Systeem ID	Koude invangen / verwarmen	Koelen
1	Warmtepomp	Passief via opslag
2	Reversibele Warmtepomp	Reversibele Warmtepomp
3	Warmtepomp	Passief uit opslag en actief met warmtepomp
4	Lucht batterijen tijdens gebruikstijden	Passief uit opslag
5	Droge koeler, Koeltoren, lucht batterijen buiten gebruikstijden	Passief uit opslag

Een optimaal systeemrendement wordt bekomen indien de koudeproductie die gekoppeld is aan de warmtevraag van de toepassing (via luchtgroepen of via een warmtepomp) gelijk is aan de koudevraag van de toepassing. Dit betekent dat de opslag effectief als opslag kan gebruikt worden en er geen extra middelen ingezet moeten worden om extra koude in te vangen. Op basis hiervan kunnen de bovenstaande systemen geklasseerd worden naar systeemefficiëntie, primair energieverbruik en flexibiliteit met betrekking tot het behoud van het systeemevenwicht.

Tabel 12: Indeling open systemen naar systeemefficiëntie

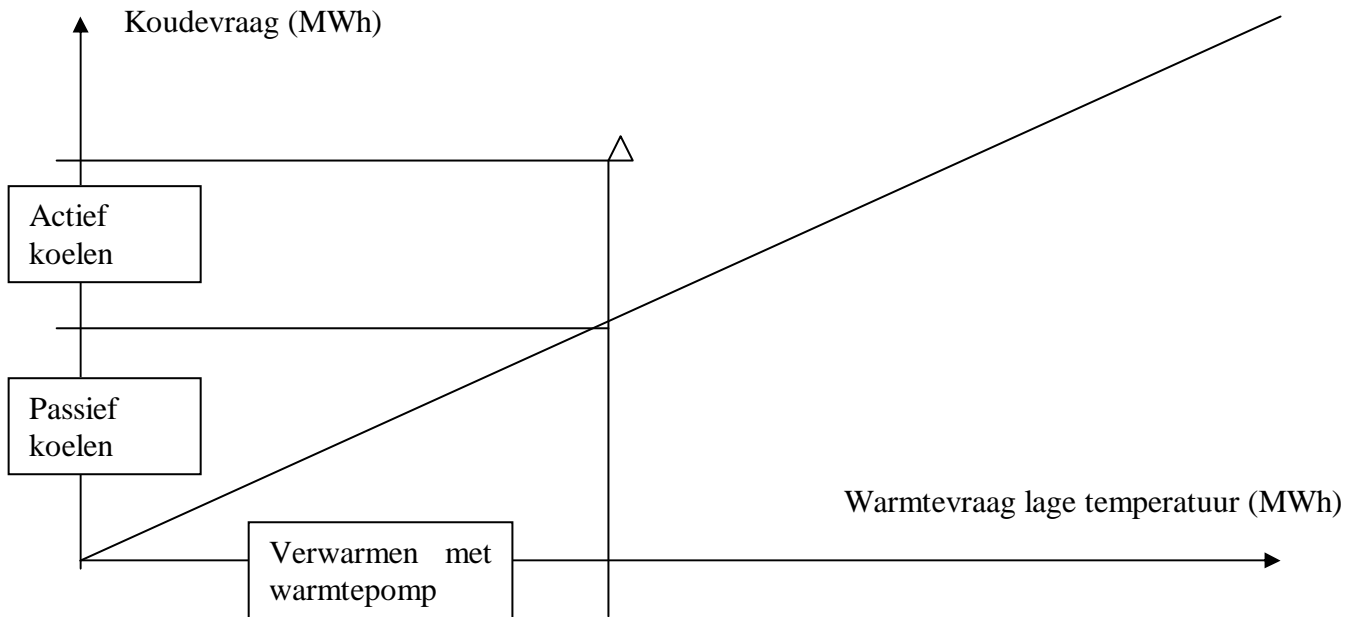
Systeem ID	Systeemefficiëntie	Primair energieverbruik	Flexibiliteit
1	Hoog	Laag	Hoog
2	Zeer Laag	Zeer hoog	Hoog
3	Hoog indien goed ontworpen (passieve koeling = basiskoeling ; actieve koeling =piekkoeling)	Laag Indien goed ontworpen en geregeld	Hoog
4	Hoog	Laag	Laag
5	Laag	Hoog	Laag

Als conclusie geldt dat alleen systemen waarbij voornamelijk passief gekoeld wordt met koude die is aangemaakt met behulp van een reële warmtevraag een positieve invloed hebben op het primair energieverbruik. Actieve koeling kan aangewezen zijn om aan de bijkomende koudevraag te voldoen. De actieve koeling wordt zo ingezet dat hij voornamelijk als piekkoeling functioneert. De relatie tussen de warmtevraag, de koudeproductie en de koudevraag wordt verduidelijkt in Figuur 5. Elke toepassing vertegenwoordigt in de grafiek een koppel (Warmtevraag, Koudevraag). Het diagramma laat toe om een energieëfficiënt concept te ontwikkelen. Dit wordt geïllustreerd aan de hand van twee voorbeelden.



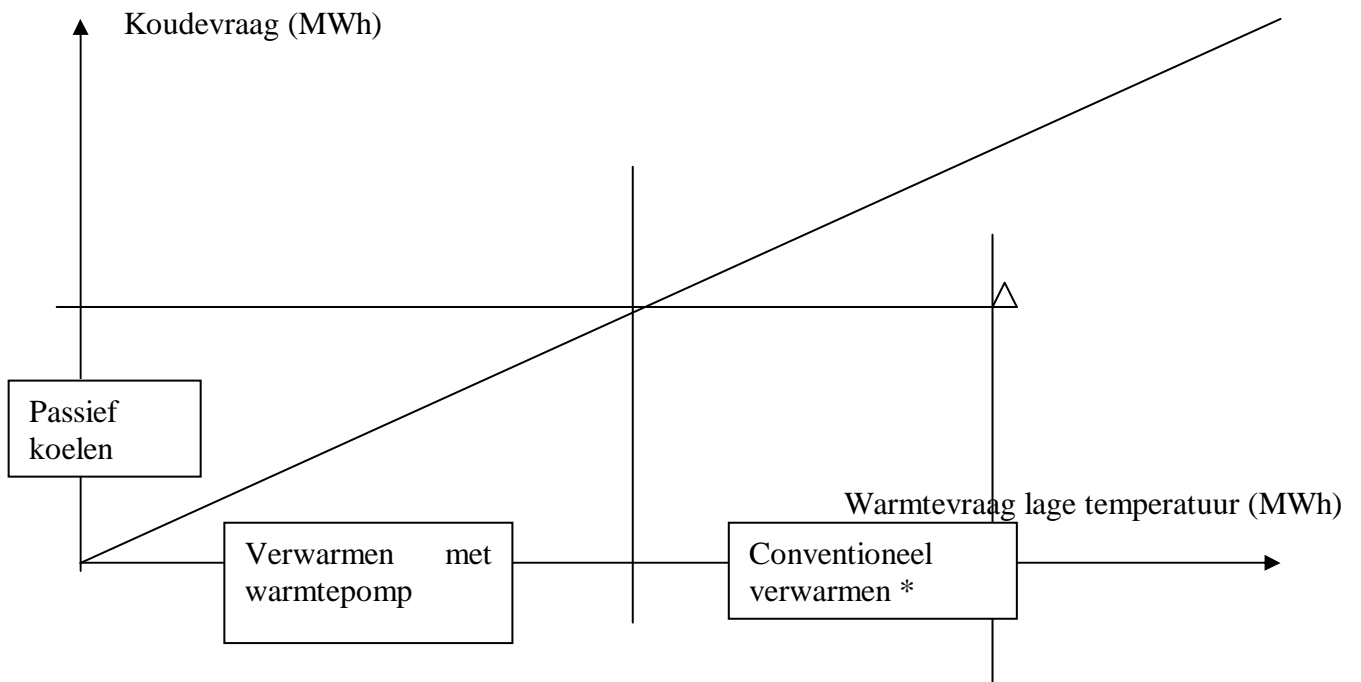
Figuur 5: Relatie warmtevraag, koudeproductie en koudevraag

Voorbeeld 1 : Koudevraag is groter dan de potentiële aan warmtevraag gerelateerde koudeproductie



Figuur 6: Koudevraag groter dan warmtevraag gerelateerde koudeproductie

Voorbeeld 2 : Koudevraag is kleiner dan de potentiële aan warmtevraag gerelateerde koudeproductie



Figuur 7: Koudevraag kleiner dan warmtevraag gerelateerde koudeproductie

3.3.2 Milieueffect 1 : Menging van verzilt grondwater

In de regio Brussel zijn nog de zanden van Brussel, noch de Landeniaan afzettingen verzilt. Er is dus geen risico voor een verdere verzilting van het grondwater tengevolge van wijzigingen in de piëzometrie.

3.3.3 Milieueffect 2 : Aantrekken en verplaatsen van verontreinigingen

Ten gevolge van het verpompen van grondwater ontstaan wijzigingen in de piëzometrie rondom de sites waar koude-warmteopslag wordt toegepast.

Deze wijzigingen kunnen aanleiding geven tot verschuiving van bestaande verontreinigingen in de nabijheid van de site. De verontreinigingen kunnen zowel worden aangetrokken als worden afgestoten door de site. Het risico schuilt voornamelijk in een verdere verspreiding van de verontreiniging (bvb. over de bestaande perceelsgrenzen heen).

De verplaatsing van de verontreiniging is afhankelijk van :

- 1) de dikte van de watervoerende laag
- 2) het door de koude-warmteopslag geïnduceerde gradiënt ter hoogte van de verontreiniging
- 3) de effectieve porositeit van de formatie
- 4) de transporttijd
- 5) het gemiddelde debiet

Voor TECH-1 wordt het milieueffect als verwaarloosbaar beschouwd indien de door de koude-warmteopslag geïnduceerde verplaatsing over één seizoen (182,5 dag) beperkt blijft tot 1 m. Voor een correct ontworpen koude-warmteopslag bedraagt de transporttijd één seizoen of ca. 182,5 dagen. Voor de begroting van het milieueffect kan gebruik gemaakt worden van het maximaal te verwachten verpompte watervolume per seizoen.

Bij TECH-2 wordt de stromingsrichting niet omgekeerd en is de transporttijd gelijk aan de levensduur van het systeem. De verplaatsing is cumulatief en gaat door gedurende een zeer lange periode. De impact van TECH-2 op aanwezige verontreinigingen kan bijgevolg zeer groot zijn.

De kenmerken van de watervoerende lagen zijn samengevat in de onderstaande tabel. Hierbij is het duidelijk dat de in de tabel opgegeven waarden algemene richtwaarden zijn die bij elk project aangepast dienen te worden op basis van de lokale opbouw van de ondergrond.

Alle mobiele grondwaterverontreinigingen in contact met grondwater moeten gemeld worden. Een drijfslag van minerale olie is mobiel. Per, Tri, ... zijn eveneens mobiel. Verontreinigingen in de niet verzadigde zone of waarvan algemeen aanvaard is dat zij een zeer hoge retardatie hebben (teer, ...) dienen niet te worden meegenomen.

Tabel 13: Kenmerken watervoerende lagen in Brussel

Kenmerk	Watervoerende laag	
	Zanden van Brussel	Versteend en gebarsten Landeniaan
Dikte (m)	20	10
Effectieve porositeit (-)	0,3	0,05

De verplaatsing van een verontreiniging kan benaderend worden begroot met behulp van de onderstaande formule :

$$s = v.t = k.i.t/p = Q.t/(p.2.\Pi.D.L.(\alpha^2-1/4))$$

- met hierin :
- s de verplaatsing (m)
 - v de stroomsnelheid in de porieën van de watervoerende laag (m/d)
 - t de transporttijd (dagen)
 - k de doorlatendheid (m/d)
 - i het gradiënt (m/m)
 - p de porositeit (-)
 - Q het gemiddelde debiet (m³/dag)
 - D de dikte van de watervoerende laag (m)
 - L de tussenafstand tussen de koude en de warme bron (clusters) (m)
 - α de verhouding van de afstand van de verontreiniging tot het middelpunt tussen de koude en de warme bron en de afstand tussen de koude en de warme bron (-)

TECH-1

Bij TECH-1 is $Q.t$ (m³) gelijk aan het seizoenmatige debiet. Voor een verplaatsing seizoenmatige verplaatsing van 1 m is de bovenstaande formule voor diverse debieten en de bovenstaande kenmerken van de watervoerende laag opgelost naar de afstand tussen het middelpunt van de opslag en de verontreinigde site. De resultaten zijn weergegeven in de onderstaande tabellen.

Tabel 14: Zanden van Brussel – Afstanden tot het centrum van de opslag in m waarbij de seizoensmatige verplaatsing 1 m bedraagt

		Tussenafstand koude warme bron (m)		
		25	100	500
Seizoenmatig debiet (m ³ /seizoen)	2000	39	88	298
	20000	116	236	573
	200000	364	730	1648

Tabel 15: Watervoerend gedeelte van Landeniaan – Afstanden tot het centrum van de opslag in m waarbij de seizoensmatige verplaatsing 1 m bedraagt

		Tussenafstand koude en warme bron (m)		
		25	100	500
Seizoenmatig debiet (m ³ /seizoen)	2000	127	257	617
	20000	399	799	1802
	200000	1262	2524	5647

De tabellen zijn richtinggevend voor de invloedzone waarbinnen er een meetbaar effect mogelijk is op de verplaatsing van de grondwaterverontreiniging tengevolge van een koude-warmteopslag. Binnen een straal gelijk aan de waarde verkregen uit de tabellen is het wenselijk dat de bestaande verontreinigingen in de watervoerende laag waarin de koude-warmte opslag wordt ingeplant in kaart worden gebracht.

Het verschil tussen de zanden van Brussel en de Landeniaan aquifer komt voornamelijk door een verschil in effectieve porositeit (0,3 vs. 0,05).

Voor grootschalige koude-warmteopslag installaties ($Q \geq 20.000 \text{ m}^3/\text{seizoen}$) is het aangewezen een effectenstudie uit te voeren op basis van de gegevens ter hoogte van de site en op basis van een correcte inplanting van de bronnen. Hierbij dient gebruik gemaakt te worden van een numeriek grondwatermodel. De transportsimulaties kunnen gebeuren aan de hand van een stroomlijnrekening.

De verontreinigingen dienen individueel te worden gescreend met betrekking tot het risico op verplaatsing. Voor alle verontreinigingen binnen de hierboven aangegeven straal dient onderzocht te worden wat de invloed is van een langdurige uitbating van een open onttrekkingssysteem aan de hand van een numeriek grondwatermodel dat toelaat de stroompaden te analyseren.

Numerieke grondwatermodellen die in aanmerking komen voor deze berekeningen zijn o.a. MODFLOW en MODPATH, FEMWATER, MICROFEM, TRIWACO, ...

TECH-2

Bij TECH-2 is $Q \cdot t$ (m^3) gelijk aan het totaal verpompte volume. De verplaatsing van de verontreiniging blijft toenemen met de tijd en kan in het geval van een grote onttrekking zeer groot worden. De formule dient eveneens incrementeel doorgerekend worden. Het is echter beter een stroompad berekening uit te voeren om de grootte van de verplaatsing in te schatten.

Tabel 16: Zanden van Brussel – Afstanden tot het centrum van de opslag in m waarbij de verplaatsing na 20 jaar pompen 1 m bedraagt

		Tussenafstand koude en de warme bron (m)		
		25	100	500
Vergund jaardebiet (m^3 /jaar)	2000	163	330	770
	20000	515	1031	2317
	200000	1629	3258	7288

Tabel 17: Watervoerend gedeelte van Landeniaan – Afstanden tot het centrum van de opslag in m waarbij de verplaatsing na 20 jaar 1 m bedraagt

		Tussenafstand koude en warme bron (m)		
		25	100	500
Vergund jaardebiet (m ³ /seizoen)	2000	563	1192	2535
	20000	1784	3569	7983
	200000	5642	11.284	25233

De tabellen zijn richtinggevend voor de invloedzone waarbinnen er een meetbaar effect mogelijk is op de verplaatsing van de grondwaterverontreiniging tengevolge van een koude-warmteopslag. Binnen een straal gelijk aan de waarde verkregen uit de tabellen is het wenselijk dat de bestaande verontreinigingen in de watervoerende laag waarin de koude-warmte opslag wordt ingeplant in kaart worden gebracht.

Het verschil tussen de zanden van Brussel en de Landeniaan aquifer komt voornamelijk door een verschil in effectieve porositeit (0,3 vs. 0,05).

De verontreinigingen dienen individueel te worden gescreend met betrekking tot het risico op verplaatsing. Voor alle verontreinigingen binnen de hierboven aangegeven straal dient onderzocht te worden wat de invloed is van een langdurige uitbating van een open onttrekkingsysteem aan de hand van een numeriek grondwatermodel dat toelaat de stroompaden te analyseren.

Numerieke grondwatermodellen die in aanmerking komen voor deze berekeningen zijn o.a. MODFLOW en MODPATH, FEMWATER, MICROFEM, TRIWACO, ...

3.3.4 Milieueffect 3 : Lekken van milieuvreemde stoffen naar de bodem

Omwille van bedrijfstechnische redenen (grondwater moet onder druk gehouden worden) zal het grondwater nooit rechtstreeks gebruikt worden in het secundair circuit. De warmteuitwisseling gebeurt bijgevolg steeds via een warmtewisselaar.

Tengevolge van lekken in de warmtewisselaar kan transport optreden van grondwater naar het secundair systeem of van het secundair systeem naar het grondwatersysteem. Indien het secundair systeem gevuld is met een mengsel dat antivries bevat of met koudemiddel en indien de druk in het secundair systeem tijdelijk hoger ligt dan de druk in het grondwatersysteem dan kan er een lek ontstaan van milieuvreemde stoffen naar de ondergrond.

Het effect is reeds besproken onder paragraaf 3.3.1.

Meestal zal het grondwatersysteem in bedrijf niet in overdruk staan ten opzichte van het gebouwsysteem. Dit is het gevolg van de aard van de gebouwen (5 à 6 bouwlagen of meer). De druk in het secundair circuit bedraagt vaak 3 bar of meer. In het grondwatersysteem wordt tijdens bedrijf gestreefd naar een minimale bedrijfsdruk van ca. 1 bar om redenen van luchtintrede e.d. In geval van een warmtewisselaar met een koudemiddel zal dit koudemiddel steeds onder hoge druk staan zodat in geval van lekkage er steeds koudemiddel zal stromen naar het grondwatercircuit.

In geval van gesloten systemen kan het effect worden opgespoord. Indien het gesloten systeem in overdruk staat t.o.v. het grondwatersysteem dan zal de overdruk wegvallen. Het wegvallen van deze overdruk dient een alarm te genereren. Vooraleer het systeem wordt aangevuld dient de lek te worden opgespoord.

Indien het gesloten systeem op onderdruk staat, dan zal bij een lek de druk in het systeem stijgen tot op het niveau van het grondwatersysteem. Ook in dit geval dient er een alarmsignaal te worden gegeven in het secundair systeem en dient de lek te worden opgespoord.

De lekstroom kan worden geraamd aan de hand van de onderstaande formule :

$$Q = 0,7 \times A \times \sqrt{(2 \times 9,81 \times (H_{\text{gebouw}} - H_{\text{TSA}}))}$$

Hierin is :

Q	het lekdebiet (m ³ /s)
0,7	de contractiecoëfficiënt (-)
A	de oppervlakte van de lek (m ²)
9,81	de valversnelling (m/s ²)
H _{gebouw}	het niveau van het hoogste punt van het gebouw (m)
H _{TSA}	het niveau van het hoogste punt van de warmtewisselaar (m)

Voor een gebouw met 6 bouwlagen, een warmtewisselaar die is opgesteld in de kelder en een lekgrootte van 1 mm² bedraagt het debiet 1,31 m³/dag. Dergelijk volume kan niet ongemerkt

blijven. Een lek zal bijgevolg relatief snel worden opgespoord en het milieueffect tengevolge van de lek zal hierdoor eerder beperkt blijven.

Afhankelijk van de media die in het secundair circuit gebruikt worden zullen de maatregelen bepaald worden waaraan de installatie moet voldoen. Het is duidelijk dat in geval van toxische stoffen in het secundair circuit de eisen strenger moeten zijn dan in het geval van niet toxische biologisch afbreekbare stoffen.

3.3.5 Milieueffect 4 : Hydraulisch invloedsgebied

Ten gevolge van het verpompen van grondwater zullen wijzigingen optreden in de grondwaterstand en in de lokale grondwaterstroming. Bovendien is het voor een goed ontwerp van een koude-warmteopslag wenselijk dat de interactie met nabijgelegen grondwaterwinningen en geothermische installaties in kaart wordt gebracht. Verder kan zo een model gebruikt worden om de onderlinge beïnvloeding tussen de bronnen te bepalen.

Voor installaties met een seizoensafhankelijk debiet groter dan 20.000 m³/seizoen kan dit best gebeuren aan de hand van een numeriek model dat toelaat om alle belangrijke factoren in rekening te brengen (meerder watervoerende lagen, stoftransport, ...).

Als eerste indicatie van het hydraulisch invloedsgebied kan worden uitgegaan van de onderstaande formule :

$$s(\alpha \times L) = (Q \times (\ln(\alpha+1/2)-\ln(\alpha-1/2)))/(2 \times \Pi \times k \times D)$$

met hierin :

$s(\alpha \times L)$	de grondwaterwijziging op een afstand van $(\alpha \times L)$ de onderlinge tussenafstand tussen de onttrekkings en de infiltratiebronnen (m)
Q	het seizoengemiddelde grondwaterdebiet (m ³ /seizoen)
α	een dimensieloze factor die de verhouding geeft van de afstand van een punt tot het centrum van de koude-warmteopslag (-)
k	de doorlatendheid van de watervoerende laag (m/d)
D	de dikte van de watervoerende laag (m)
L	de tussenafstand tussen de warme en de koude bron (cluster) (m)

Deze formule is geldig voor lange pomptijden (bvb. 6 maanden) en geldt benaderend voor vrije watervoerende lagen indien voor de dikte van de watervoerende laag een dikte wordt aangenomen die gelijk is aan de gemiddelde verzadigde hoogte.

Aangezien er netto geen grondwater wordt onttrokken is er op grote afstand van de koude-warmte opslag en een open onttrekkingsysteem geen grondwaterverlaging te verwachten. De grondwaterverlaging is groter naarmate het seizoengemiddelde debiet groter is en de dikte en de doorlatendheid kleiner zijn.

De hydraulische invloed van de opslag kan als verwaarloosbaar beschouwd worden indien de stijghoogte wijziging kleiner is dan 0.5 m. Deze wijziging is immers vergelijkbaar met de natuurlijke variaties in de grondwaterstand. Binnen de onderstaande invloedsstraal kan het

wenselijk zijn om de interactie met de bestaande winningen en geothermische systemen te begroten.

Tabel 18: Zanden van Brussel - afstand in m t.o.v. het centrum van de koude-warmteopslag waarbij de seizoensgemiddelde grondwaterverlaging kleiner is dan 0,5 m

		Tussenafstand tussen koude en warme bron (cluster) in meter		
		10	100	500
seizoensdebiet (m³/seizoen)	2.000	-	-	-
	20.000	6	60	300
	200.000	40	400	2005

Voor een onderlinge tussenafstand van de koude en de warme bron van 100 meter en een seizoensdebiet van 20.000 m³/seizoen vindt men in de bovenstaande tabel dat de grondwaterverlaging beperkt blijft tot 0,5 m op een afstand van 60 m van het midden tussen beide bronnen.

Tabel 19: Watervoerend gedeelte van het Landeniaan - afstand in m t.o.v. het centrum van de koude-warmteopslag waarbij de seizoensgemiddelde verlaging kleiner is dan 0,5 m

		Tussenafstand tussen koude en warme bron (cluster) in meter		
		10	100	500
seizoensdebiet (m³/seizoen)	2.000	-	-	-
	20.000	14	141	705
	200.000	139	1390	6955

Voor een onderlinge tussenafstand van de koude en de warme bron van 100 meter en een seizoensdebiet van 20.000 m³/seizoen vindt men in de bovenstaande tabel dat de grondwaterstandswijziging beperkt blijft tot 0,5 m op een afstand van 141 m van het midden tussen beide bronnen.

Bij een seizoensdebiet van 2.000 m³/seizoen blijft de grondwaterstandswijziging steeds kleiner dan 0,5 m.

Binnen de hierboven bepaalde invloedstraal en in de watervoerende laag waarin de koudewarmteopslag wordt gepland kan men de invloed van een grondwaterverlaging analyseren op de stabiliteit van de bouwwerken en op eventueel reeds bestaande grondwaterwinningen.

3.3.6 Milieueffect 5 : Beïnvloeding van het grondwaterpeil ter hoogte van het maaiveld

Tengevolge van de onttrekking en de injectie van grondwater op een bepaalde diepte zal op deze diepte een grondwaterstandswijziging optreden (verlaging respectievelijk verhoging). Deze grondwaterverlaging kent een horizontale verspreiding maar eveneens een verticale verspreiding. Dit wil zeggen dat in de bovenliggende watervoerende lagen eveneens een grondwaterverlaging/verhoging kan optreden.

Deze verlaging is niet direct met een eenvoudige analytische formule te begroten doch kan wel begroot worden aan de hand van een numeriek model.

Het is echter duidelijk dat de maximaal mogelijke verlaging optreedt ter hoogte van de bron op de diepte van de onttrekking. Dit kan dan ook als worst case aanzien worden indien er geen verdere berekeningen gemaakt worden.

Bij een te grote verhoging van het grondwaterpeil kan de stijghoogte ter hoogte van het maaiveld boven het maaiveld komen te liggen. Dit betekent dat er water uit de grond treedt en de bodem verzadigd blijft. Anderzijds kan het grondwater ter hoogte van ondergrondse constructies (parkings, kelders, ...) eveneens boven het niveau van de vloer uitstijgen waardoor er in deze constructies vochtproblemen ontstaan of waardoor de stabiliteit van de vloerplaat in het gedrang kan komen indien deze hier niet op berekend is.

Dit effect is voornamelijk te verwachten in freatische pakketten (Zanden van Brussel). Het Landeniaan is in regio Brussel voornamelijk een gespannen watervoerende laag. Dit betekent dat er tussen de watervoerende laag en het maaiveld minstens één watervoerende laag aanwezig is. Hierdoor worden grondwaterverlagingen ter hoogte van het maaiveld sterk gedempt. Uiteraard zal ook hier locatie per locatie en op basis van een degelijk grondonderzoek moeten worden nagegaan of er een gevaar is voor vernatting of niet.

Een ander aspect, dat echter heer behoort tot een goed ontwerp van de installatie bestaat uit een mogelijke beschadiging van de bron door een te hoge injectiedruk. Hierdoor ontstaat een preferentiële stroming in de nabijheid van de boring tussen het filterelement en het maaiveld. Dit moet in elk geval voorkomen worden door een degelijk bronontwerp enerzijds en een correcte uitvoering van de boorwerken anderzijds. De injectiedruk dient beperkt te worden tot maximaal de waterspanning waarbij opbarsten van de annulaire ruimte van de bron optreedt. De opbarstdruk wordt begroot op basis van de massa van de gebruikte materialen in de aanvulling.

Voor het eigengewicht van de ondergrond wordt verwezen naar de Belgische Nationale Bijlage bij Eurocode 7 – Mechanische eigenschappen van grondtypes.

Mits correcte uitvoering en aanvulling van de bron is een maximale injectiedruk berekend op basis van de formule van Olsthoorn (Olsthoorn, T.N., Verstopping van persputten, Werkgroep persputten VEWIN, mededelingen nr.72, 1982) haalbaar van :

$$(\gamma_n - \gamma_w) / \gamma_w \cdot FD + WD > \Delta h \geq 1/3 \times (FD + WD)$$

met hierin :

- γ_n het verzadigde eigengewicht van de grond of van de stijgbuisomstorting (kg/m³)
- γ_w het eigengewicht van water (kg/m³)
- FD de filterdiepte onder maaiveld (m-MV)
- WD de diepte van de watertafel (m-MV)

Op het eigengewicht van de grond wordt een veiligheidsfactor toegepast die in overeenstemming is met Eurocode 7.

3.3.7 Milieueffect 6 : Zettingen tengevolge van grondwaterverlagingen

Bij open hydrothermische systemen zijn grondwaterverlagingen en verhogingen een inherent milieueffect. Hieraan gekoppeld is het risico op zettingen van de ondergrond en op schade aan gebouwen ten gevolge van deze zettingen.

De grondwaterverlaging zorgt er namelijk voor dat de korrelspanning toeneemt. Dit betekent dat de mechanische belasting op het korrelskelet toeneemt. Het gevolg van deze toename is een zetting. Deze zetting is afhankelijk van de grootte van de grondwaterverlaging en de eigenschappen van de ondergrond en kan berekend worden met behulp van de formule van Terzaghi of in het geval van tijdsafhankelijke berekeningen, met behulp van de consolidatietheorie.

Het grootste risico op zettingen bestaat in alluviale afzettingen van beken en rivieren. Hier kan in regio Brussel specifiek gedacht worden aan Zenne alluvium, afzettingen in het Woluwedal, ... Langdurige grondwaterverlagingen van 0,5 m kunnen in sommige situaties reeds aanleiding geven tot ernstige schade aan de bestaande bebouwing.

De analyse van deze problemen vereist enerzijds een inzicht in de wijziging van de piëzometrie (zie milieueffect 4 en 5) en anderzijds een inzicht in de ondergrond van het Brusselse gewest. Door beide aspecten te combineren kunnen de risico's correct worden ingeschat. Informatie met betrekking tot de Brusselse ondergrond is terug te vinden via de Geotechnische kaarten en via de Databank Ondergrond Vlaanderen (dov.vlaanderen.be).

3.3.8 Milieueffect 7 : Invloed op de vegetatie

Tengevolge van een grondwaterverlaging of een grondwaterverhoging kan de vegetatie gewijzigd worden. Het effect van een grondwaterverlaging op éénjarige gewassen en grassen e.d. is verwaarloosbaar aangezien deze planten hun water uitsluitend halen uit de neerslag en de berging van neerslag in de bodem. Een grondwaterverlaging kan eventueel schade berokkenen aan grote bomen die een deel van hun water onttrekken aan het grondwater.

Ten gevolge van vernatting kan de vegetatie grondig wijzigen. De mogelijke beïnvloeding kan eveneens worden afgeleid uit de begroting van de milieueffecten 4 en 5.

3.3.9 Milieueffect 8 : Thermische beïnvloeding van de diepe ondergrond

TECH-1 (KWO)

Tengevolge van de injectie van koud en warm water wordt de temperatuur in de watervoerende laag gewijzigd. In dit gedeelte bespreken we de techniek van koude-warmte opslag. Dit veronderstelt een opslag die thermisch en volumetrisch in evenwicht is.

De maximale injectietemperatuur die algemeen aanvaard wordt bedraagt 25°C. Dit is de fysische grens waaraan leidingwater moet voldoen. Er wordt algemeen aanvaard dat bij temperaturen onder de 25°C de chemische en bacteriologische wijzigingen van de grondwaterkwaliteit te verwaarlozen zijn. Indien de injectietemperatuur beperkt blijft tot 25°C dan is er geen negatief effect van de opslag naar naburige grondwaterwinningen.

Anders is het gesteld met thermische beïnvloeding. Een warme/koude bel kan zich immers verspreiden tot onder het perceel van andere eigenaars. Deze eigenaars kunnen hierdoor niet vrij beschikken over de ondergrond van hun perceel. Zij kunnen geen geothermisch systeem opstarten zonder rekening te houden met het systeem van hun buurman en worden bijgevolg in hun vrijheid beperkt. Anderzijds verleent een vergunning aan de vergunninghouder het recht om de installatie conform de bepalingen uit de milieuvergunning de installatie uit te baten. De thermisch beïnvloede zone moet bijgevolg gekend zijn om een oordeel te vellen over de gunsten die verleend worden en de beperkingen die worden opgelegd.

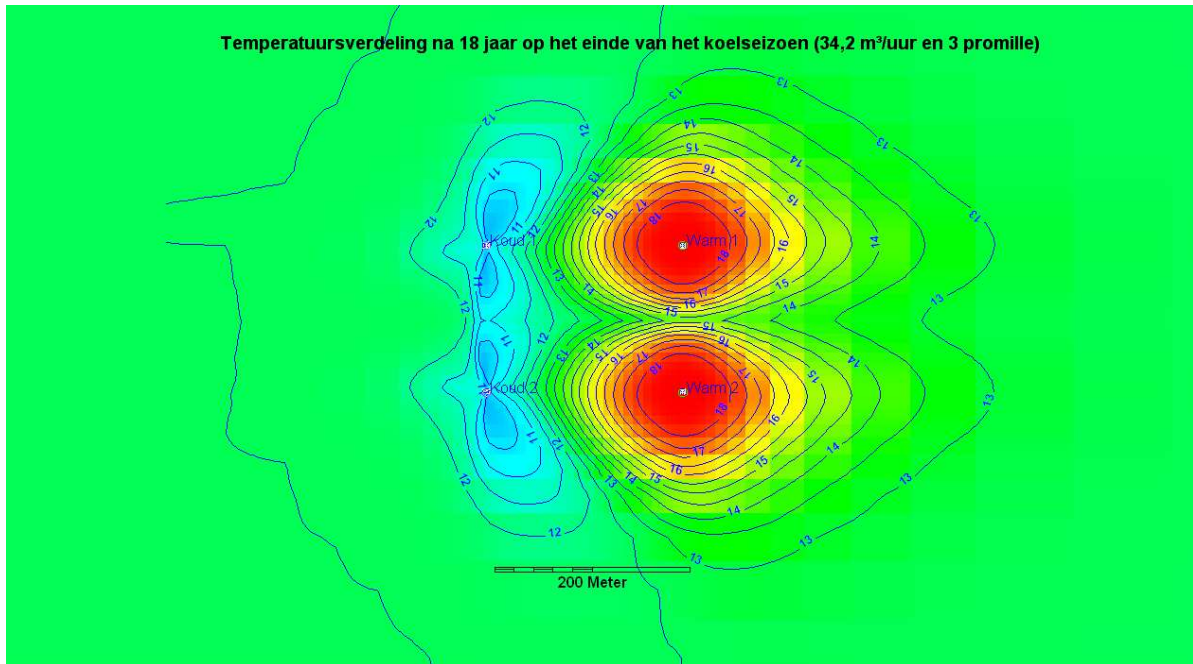
Als grens voor de afperking wordt hier een wijziging van 2°C ten opzichte van de natuurlijke grondwatertemperatuur aangehouden.

De thermisch beïnvloede zone wordt bepaald door de onderstaande factoren

1. het lokaal geohydrologische gradiënt;
2. de doorlatendheid van de ondergrond
3. de porositeit van de ondergrond
4. de warmtecapaciteit van de ondergrond
5. de warmtegeleidingscoëfficiënt van de ondergrond
6. de thermische belasting van de ondergrond (hoeveelheid koude / hoeveelheid warmte)
7. de temperatuursverlaging ten opzichte van de natuurlijke grondwatertemperatuur

Een gedetailleerde inschatting van de temperatuurswijzigingen van het grondwater en de ondergrond is enkel mogelijk met behulp van een grondwaterstromingsmodel en een transportmodel dat toelaat om de thermische effecten (geleiding, dispersie, advectie) te begroten.

Figuur 8 toont een voorbeeld van de thermische verspreiding in de voornaamste watervoerende laag na 18 jaar werking van een KWO-installatie op het einde van het warmteladen in St.Truiden.



Figuur 8: Voorbeeld van een simulatieberekening

In regio Brussel zijn de beschikbare diktes van de aquifer eerder beperkt. Hierdoor neemt het belang van geleiding in transportberekeningen in hoge mate toe. Zeker in het geval van grote hydrothermische systemen zal de verspreiding van koude en warmte en de hiermee gepaard gaande energieopslag in belangrijke mate door geleiding worden gerealiseerd.

Effect van advectief transport

Als eerste indicatie van de onderlinge interactie kan echter worden uitgegaan van de onderstaande vuistregels die enkel rekening houden met advectief transport.

Eerst en vooral dient de energievraag vertaald te worden in een grondwatervolume. Dit gebeurt op basis van de onderstaande formule :

$$E = 1,16 \times \Delta T \times V$$

Met hierin :

- E de thermische energievraag uitgedrukt in kWh
- ΔT de temperatuursprong uitgedrukt in K
- V het verpompte volume grondwater uitgedrukt in m³

Kengetallen voor deze waarden zijn :

- E 20.000 kWh per seizoen voor een eensgezinswoning
- 200.000 kWh per seizoen voor een kantoorgebouw

2.000.000 kWh per seizoen voor een groot opslagproject
 ΔT 8 K
 V 2.000 m³ per seizoen voor een eensgezinswoning
 20.000 m³ per seizoen voor een kantoorgebouw
 200.000 m³ per seizoen voor een groot opslagproject

Uit het berekende grondwater volume en uit de porositeit van de aquifer kan de hydraulische invloedsstraal begroot worden.

$$R_h = \sqrt{(V/(\Phi \times H))}$$

met hierin :

R_h de hydraulische invloedsstraal (m)
 V het verpompte volume grondwater (m³)
 Φ de porositeit (-)
 H de hoogte van het filter

De hydraulische straal geeft een indicatie over de straal waarin het grondwater wordt vervangen door het volume geïnjecteerd grondwater.

Het is duidelijk dat de beïnvloede zone een straal heeft die een factor groter is dan de hydraulische straal en dit tengevolge van dispersie en geleiding. Anderzijds wordt de verspreiding van de thermisch gewijzigde zone tegengewerkt door de capaciteit van het korrelskelet. Het korrelskelet wordt door het grondwater opgewarmd. Hierdoor koelt het grondwater af en verspreidt de thermisch beïnvloede zone zich minder snel.

Vanuit energetisch oogpunt wordt een volume water omgezet in een volume verzadigde grond met een gewijzigde temperatuur. Dit geeft aanleiding tot het begrip thermische invloedsstraal :

$$R_t = R_h \times \sqrt{(\Phi \times C_w)/(C_a)} = \sqrt{((V/(\Phi \times H)) \times (C_w/C_a))}$$

met hierin :

R_h de hydraulische invloedsstraal (m)
 R_t de thermische invloedsstraal (m)
 V het verpompte volume grondwater (m³)
 Φ de porositeit (-)
 H de hoogte van het filter
 C_w de volumetrische warmtecapaciteit van water (J/m³.K)
 C_a de volumetrische warmtecapaciteit van de verzadigde bodem (J/m³.K)

Concreet betekent dit meestal :

$$R_t = 0,7 \times R_h$$

In de afwezigheid van grondwaterstroming wordt voor een waarde van $3 \times R_t$ de thermische invloed verwaarloosbaar.

Deze formules bevestigen wat intuïtief kan worden aangevoeld :

- hoe meer energie in de bodem wordt opgeslagen, hoe groter de beïnvloede zone
- hoe dikker de aquifer hoe kleiner de beïnvloede zone

De zone die thermisch beïnvloed wordt bedraagt voor de diverse systemen indicatief :

20 m voor een systeem met een volume van 2.000 m³ per seizoen

60 m voor een systeem met een volume van 20.000 m³ per seizoen

200 m voor een systeem met een volume van 200.000 m³ per seizoen

Effect van het hydrogeologische gradiënt

Hierop dient het effect van het lokaal gradiënt gesuperponeerd te worden. Het lokaal hydrogeologisch gradiënt zorgt voor een transport van de thermische beïnvloede zone in de richting van de grondwaterstroming.

De stroomsnelheid in de porieën wordt bepaald met de onderstaande formule :

$$v = k \times i / \Phi$$

met hierin :

- v = de stroomsnelheid in de porieën m/j
- k = de doorlatendheid van de watervoerende laag m/j
- i = het lokale hydrogeologische gradiënt
- Φ = de effectieve porositeit

De stroomsnelheid is des te groter naarmate :

- het gradiënt hoger is
- de doorlatendheid groter is
- de porositeit kleiner is

Het thermisch front zal zich eveneens verplaatsen. Gemiddeld gebeurt dit echter aan een tragere snelheid :

$$v_t = v \times \Phi \times C_w/C_a = k \times i \times C_w/C_a$$

met hierin :

- v = de stroomsnelheid in de porieën m/j
- v_t = de snelheid van het thermisch front in m/j
- Φ = de effectieve porositeit

C_w = de volumetrische warmtecapaciteit van water ($J/m^3.K$)
 C_a = de volumetrische warmtecapaciteit van de verzadigde bodem ($J/m^3.K$)

Bij benadering geldt in de meeste gevallen :

$$v_t = v \times 0,5$$

De thermisch gewijzigde zone stroomt af in de richting van het gradiënt aan de helft van de porieënsnelheid.

Concreet betekent dit:

voor de zanden van Brussel : $v_t = i \times 4.478$ m/jaar
voor het watervoerende gedeelte van het Landeniaan : $v_t = i \times 3.768$ m/jaar

Het hydrothermisch gradiënt is meestal van de orde van grootte van enkele promilles zodat de thermisch beïnvloede zone afdrijft aan een snelheid van 4 tot 8 m per jaar in de richting van het gradiënt. Na dertig jaar kan er dus een beïnvloeding zijn op 120 tot 240 m van de injectiebronnen. Op ca. 500 m is er geen enkele invloed meer merkbaar.

Het lokaal gradiënt wordt uiteraard best bepaald voor elk project. Hiervoor dient het grondwaterpeil in drie punten gemeten te worden. Deze punten mogen niet op één lijn liggen.

Warmtegeleiding kan een belangrijke invloed hebben. Het belang ervan neemt toe naarmate het verliesoppervlak van de koude en de warme bel groter wordt in functie tot het volume van de opslag. In Regio Brussel speelt geleiding bijgevolg een belangrijke rol. De opslag van koude en warmte gebeurt voor een belangrijk gedeelte via geleiding. Dit effect kan slechts op realistische wijze begroot worden met behulp van een transportmodel.

TECH-2 (louter grondwateronttrekking)

In dit gedeelte bespreken we de techniek van open onttrekking. Hierbij is er duidelijk geen energetisch nog een volumetrisch evenwicht. Tengevolge van het onevenwicht ontstaat er op termijn een beïnvloeding tussen injectie en onttrekkingsbron. Dit heeft tot gevolg dat de onttrekkingstemperatuur in geval van warmte onttrekking daalt en in geval van koude onttrekking stijgt. Hierdoor vermindert het rendement van de installatie en kan de installatie op termijn in storing gaan.

De extreme injectietemperatuur zijn $4^{\circ}C$ en $25^{\circ}C$. $25^{\circ}C$ is de fysische grens waaraan leidingwater moet voldoen. Er wordt algemeen aanvaard dat bij temperaturen onder de $25^{\circ}C$ de chemische en bacteriologische wijzigingen van de grondwaterkwaliteit te verwaarlozen zijn. Indien de injectietemperatuur beperkt blijft tot $25^{\circ}C$ dan is er geen negatief effect van de opslag naar naburige grondwaterwinningen. $4^{\circ}C$ is de fysische grens met betrekking tot bevroeringsgevaar.

Er zal na zeer lange tijd een evenwicht ontstaan waarbij de koude of warmte die in de grond wordt gebracht volledig wordt afgegeven aan de omgeving. Belangrijk voor de goede werking van het systeem is om na te gaan wat de onttrekkingstemperatuur is in deze

evenwichtssituatie en welke de ruimtelijke verspreiding is van de thermisch beïnvloede zone. Dit kan benaderend gebeuren door een inschatting te maken van de geleidingsverliezen van de thermisch beïnvloede zone maar gebeurt beter aan de hand van een numeriek model dat toelaat om thermisch transport te modelleren.

3.3.10 Milieueffect 9 : Thermische beïnvloeding van de ondiepe ondergrond

Ter hoogte van de koude bel ontstaat jaargemiddeld gezien een hogere instroming van omgevingswarmte aan het oppervlakte. De grootte van deze flux wordt bepaald door :

1. de diepte van de opslag onder het maaiveld
2. de grootte van het gemiddelde temperatuurverschil
3. de warmteweerstand van de ondergrond tussen de top van de opslag en het maaiveld.

$$q = \Delta T \times \lambda / D$$

met hierin

- q de warmteflux naar het oppervlak vanuit de opslag (W/m²)
ΔT het gemiddelde temperatuurverschil tussen de opslag en de lucht (K)
λ de warmtegeleidingscoëfficiënt van de grond tussen het maaiveld en de top van de opslag (W/m.K)
D de diepte van de top van de opslag onder het maaiveld (m)

Concreet betekent dit met :

- D >= 20 m
λ < 2,4 (W/m.K)
ΔT < 13 K

$$\text{dat } q \leq 1,56 \text{ W/m}^2$$

De ontvangen of afgegeven energie is gelijk aan 1,56 W/m² x 8.760 u/jaar = 13.665 Wh/jaar.m².

De ingestraalde zonnewarmte is van de orde 1.000.000 Wh/m². Dit betekent dat de invloed van de opslag te verwaarlozen is in vergelijking tot de invloed van de zoninstraling.

3.3.11 Milieueffect 10 : Percentage extra infiltratie door de deklagen langs de boorgaten

Voor dit milieueffect verwijzen we naar de beschrijving in de paragraaf 3.4.7.

3.4 Milieueffecten gesloten systemen

3.4.1 Kenmerken milieueffecten

Op basis van nationale en internationale ervaringsgegevens [5, 6] wordt in Tabel 20 de milieueffecten opgelijst voor de gesloten systemen (horizontale en verticale bodemwarmtewisselaars, energiepalen). Dit is een lijst met milieueffecten die volgens de inschrijvers een belangrijk aandachtspunt vormen bij de introductie van gesloten systemen in Brussel. Elk milieueffect heeft een identificatienummer (ID in de tabel).

Tabel 20: Milieueffecten gesloten systemen

ID	Milieueffecten gesloten systemen	Eenheid
ME10	Type en massa ingebracht materiaal (kunststof)	kg PE per MWht
ME11	Achterblijvend materiaal in de bodem (kunststof)	kg PE per MWht
ME12	Achterblijvend materiaal in de bodem (grouting)	kg aanvul per MWht
ME13	Volume glycol dat naar de bodem lekt	ml per MWht
ME14	Percentage extra infiltratie langs lekkende boorgaten (boren)	%
ME15	Percentage extra infiltratie langs lekkende boorgaten (drukken)	%
ME16	Gebied met $dT=2K$ halverwege de bww na 20 jaar	m ² per MWht
ME17	Gebied met $dT=1K$ op 0,5 mmv na 20 jaar	m ² per MWht

3.4.2 Kenmerken systemen

Naargelang van de systeemgrootte van de installatie kan het milieueffect een kleine of grote invloed hebben. We gaan voor de kwantificering van de milieueffecten een variatie uitvoeren naar de systeemgroottes van gesloten systemen. De gekozen systeemgroottes zijn zo gekozen dat zij voor de verschillende toepassingen in de residentiële en tertiaire sector als voorbeeld kunnen gebruikt worden. Tabel 21 toont de specificaties van de systeemgroottes voor de gesloten systemen. De vermelde warmtevraag is de warmtevraag die aan de bodem wordt onttrokken door de geothermische installatie en is dus verschillend van de warmtevraag van de woning of het beschouwd gebouw.

Voor de horizontale systemen (TECH-3) wordt een systeemgrootte van 10 MWh per jaar genomen. Dit komt overeen met een gemiddelde vraag voor een woning of een toepassing in een residentiële sector.

Voor de verticale bodemwarmtewisselaars (TECH-4) wordt een onderverdeling gemaakt tussen de opslagsystemen met respectievelijk 10, 100 en 1000 MWh per jaar.

Voor techniek TECH-5 (louter warmteonttrekking via verticale wisselaars) wordt een onderverdeling gemaakt in systemen met 10 en 100 MWh per jaar. Grotere systemen met een warmtevraag van 1000 MWh per jaar worden hier niet beschouwd vanwege het effect van de regeneratie van de bodem. Op een natuurlijke manier kan de bodem dergelijke grote warmtevragen niet regenereren. Alternatieve systemen zijn dan nodig bijv. de regeneratie van de bodem via de zonnearmte in de zomer.

Voor de techniek TECH-6 (Energiepalen) worden de systemen 10, 100 en 1000 MWh per jaar beschouwd.

Voor de techniek TECH-7 (grondbuizen) worden geen milieueffecten berekend of beschouwd. Bij deze technieken zijn er gelijkenissen met de TECH-3 (horizontale wisselaars) vermits de grondbuizen op een beperkte diepte worden ingegraven.

Tabel 21: Systeemgroottes gesloten systemen

ID geotechniek	Geotechniek	Warmtevraag bodem [MWh/jaar]
TECH-3	Horizontale warmtewisselaars	10
TECH-4	Verticale warmtewisselaars (BEO of opslag)	10, 100 en 1000
TECH-5	Verticale warmtewisselaars (enkel onttrekking)	10 en 100
TECH-6	Energiepalen	10, 100 en 1000

Indien we de verschillende bodemtypes (BRU-1, BRU-2 en BRU-3) koppelen met de milieueffecten (Tabel 20) en systeemgroottes (Tabel 21) komen we tot een parametermatrix zoals in Tabel 22. Elk systeem beschouwen we als toepasselijk in elk van de bodems. Bij de beschrijving van de milieueffecten wordt geargumenteed hoe de selectie tot stand is gekomen.

Tabel 22: Parametermatrix milieueffecten gesloten systemen

Case	ID techniek	Warmtevraag bodem (MWh/jaar)	Bodem-type	ME9	ME10	ME11	ME12	ME13	ME14	ME15	ME16/17
1	TECH-3	10	BRU-1	1	1	1	1	0	0	X	X
2		10	BRU-2	1	1	1	1	0	0	X	X
3		10	BRU-3	1	1	1	1	0	0	X	X
4	TECH-4	10	BRU-1	1	1	1	1	1	X	X	X
5		10	BRU-2	1	1	1	1	1	X	X	X
6		10	BRU-3	1	1	1	1	1	X	X	X
7		100	BRU-1	1	1	1	1	1	X	X	X
8		100	BRU-2	1	1	1	1	1	X	X	X
9		100	BRU-3	1	1	1	1	1	X	X	X
10		1000	BRU-1	1	1	1	1	1	X	X	X
11		1000	BRU-2	1	1	1	1	1	X	X	X
12		1000	BRU-3	1	1	1	1	1	X	X	X
13	TECH-5	10	BRU-1	1	1	1	1	1	X	X	X
14		10	BRU-2	1	1	1	1	1	X	X	X
15		10	BRU-3	1	1	1	1	1	X	X	X
16		100	BRU-1	1	1	1	1	1	X	X	X
17		100	BRU-2	1	1	1	1	1	X	X	X
18		100	BRU-3	1	1	1	1	1	X	X	X
19	TECH-6	10	BRU-1	1	1	1	1	0	0	X	X
20		10	BRU-2	1	1	1	1	0	0	X	X
21		10	BRU-3	1	1	1	1	0	0	X	X
22		100	BRU-1	1	1	1	1	0	0	X	X
23		100	BRU-2	1	1	1	1	0	0	X	X
24		100	BRU-3	1	1	1	1	0	0	X	X
25		1000	BRU-1	1	1	1	1	0	0	X	X
26		1000	BRU-2	1	1	1	1	0	0	X	X
27		1000	BRU-3	1	1	1	1	0	0	X	X

(1)= milieueffect is van toepassing; (0)= milieueffect is niet van toepassing; x= milieueffect niet berekend maar wel van toepassing

3.4.3 Milieueffect ME10: Type en massa ingebracht materiaal

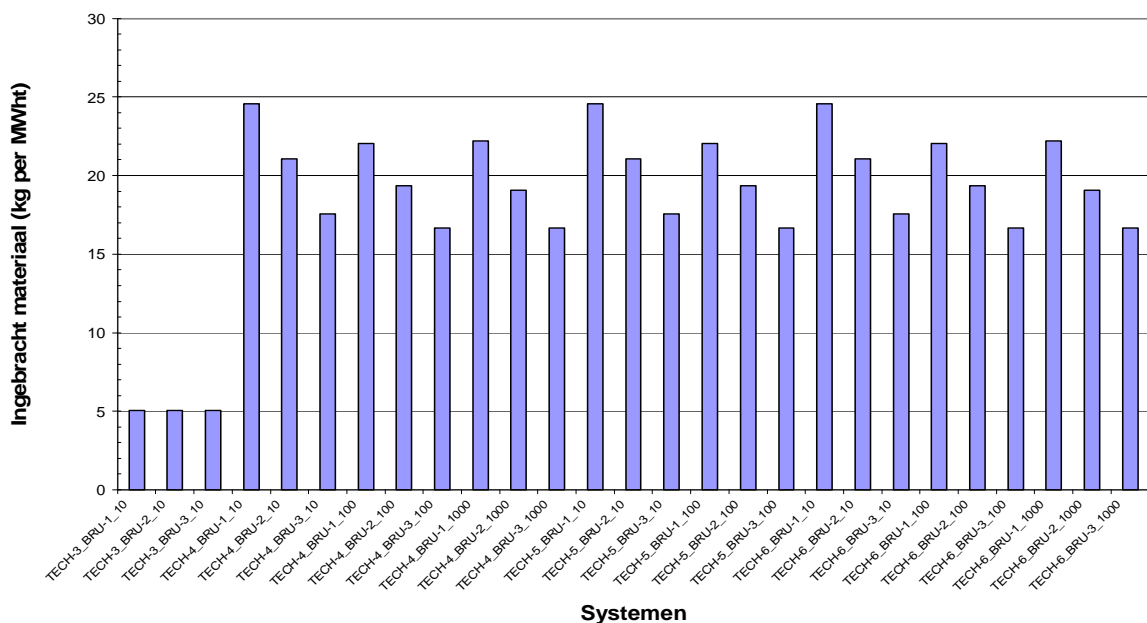
Beschrijving

Bij verticale en horizontale bodemwisselaars wordt polyethyleen (PE) leidingen gebruikt voor de warmteuitwisseling met de bodem. Dergelijke systemen bestaan uit horizontale en verticale PE leidingen. Het inbrengen van PE in de bodem kan aanzien worden als een milieueffect vermits deze leidingen in de bodem blijven zitten nadat de installatie niet meer in gebruik is.

Dit milieueffect is echter verwaarloosbaar gezien het kleine volume van PE leidingen ten opzichte van het grote volume aan grond. Dit milieueffect is van toepassing voor alle gesloten geotechnieken. Ook voor energiepalen (TECH-6) kan het inbrengen van de PE leidingen in de funderingspalen aanzien worden als een milieueffect. Bij deze techniek wordt het beton niet in rekening genomen als milieueffect vermits ook zonder de bodemwarmtewisselaars funderingspalen nodig zijn voor de stabiliteit van het gebouw.

Kwantificering

De kwantificering van dit milieueffect wordt uitgedrukt in kg PE per MWht. Voor alle systemen wordt op basis van de onttrokken warmtehoeveelheid aan de bodem (de systeemgrootte) bepaald hoeveel meters PE leiding nodig is voor de warmteuitwisseling met de bodem. Er wordt hierbij een onderscheid gemaakt tussen de horizontale en verticale PE leidingen van een systeem. Er wordt voor de berekening uitgegaan van PE leidingen met een buitendiameter van 32 mm en een binnendiameter van 26 mm, één van de meest gangbare PE leidingmaten voor deze systemen. Voor de dichtheid van PE wordt 930 kg/m³ genomen. In [5] worden de formules voor de berekening van de milieueffecten weergegeven. Figuur 9 toont de resultaten van de numerieke berekening van het milieueffect ME 10.



Figuur 9: Type en massa ingebracht materiaal bij gesloten systemen

Voor de horizontale systemen (TECH-3) is voor elk bodemtype het milieueffect dezelfde en bedraagt het aantal ingebracht materiaal 5 kg per MWht.

Voor de verticale systemen (TECH-4 tot en met TECH-6) bedraagt het aantal ingebracht materiaal een factor 4 maal meer dan de horizontale systemen en is dit afhankelijk van het bodemtype. Bij een zeer geschikte bodemtype is het aantal benodigde meters PE leiding 25% minder dan bij een matig geschikte bodem en aldus het milieueffect. Dit heeft zowel een gevolg op het milieueffect maar ook op de initiële investering van een project.

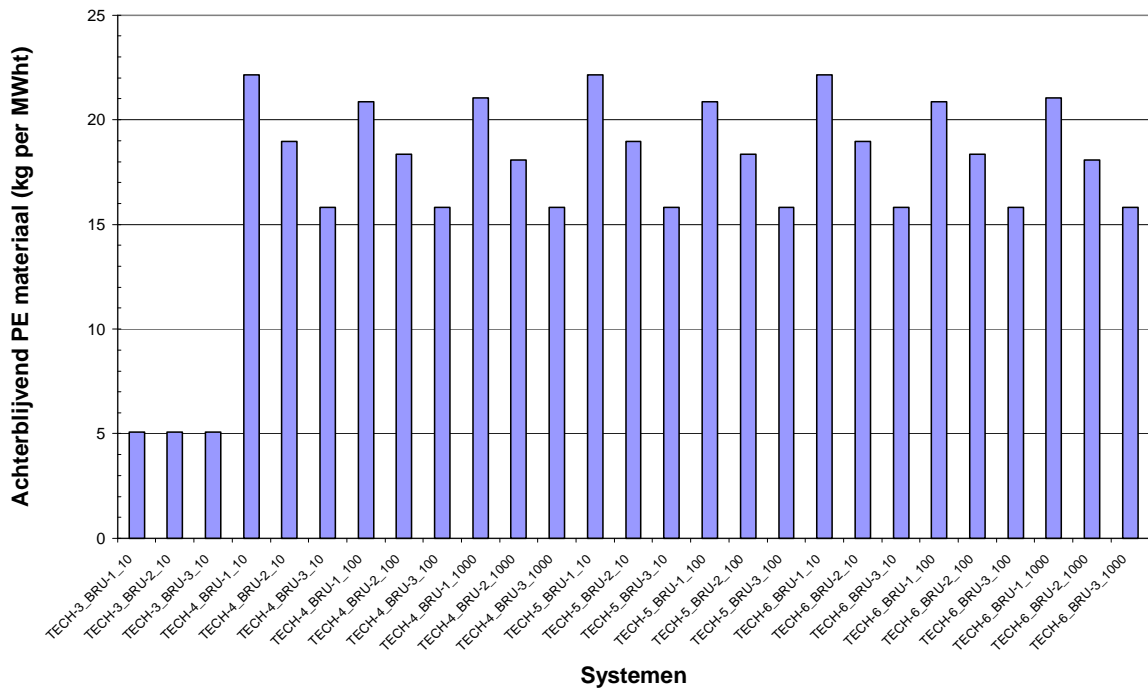
3.4.4 Milieueffect ME11: Achterblijvend kunststof materiaal in de bodem

Beschrijving

Het inbrengen van PE leidingen in de bodem is één zaak. Bij stopzetting van een geothermische installatie met gesloten bodemwarmtewisselaars blijft natuurlijk een hoeveelheid van de ingebrachte PE kunststof achter in de bodem, dit wordt beschouwd als een milieueffect waarvan het effect echter gering is vanwege de relatief kleine hoeveelheid leidingen ten opzichte van het totale grond volume. Dit milieueffect is van toepassing bij alle geothermische gesloten systemen. Een mogelijke oplossing bestaat erin om het horizontale leidingwerk van een gesloten systeem te verwijderen en het verticale gedeelte op te vullen met een grouting. Het volledig verwijderen van alle verticale leidingwerk zou een te grote investeringskost vertegenwoordigen en is echter zeer nefast voor de bodem. Garanties van leveranciers op PE leidingen bedraagt momenteel 50 jaar en meer.

Kwantificering

De kwantificering van dit milieueffect wordt uitgedrukt in kg PE per MWht. Voor de berekening van dit milieueffect wordt uitgaande van de vorige maatregel berekend hoeveel meters verticale leidingen er in de bodem blijven zitten na stopzetting van de installatie. Voor TECH-3 wordt de totale leidinglengte van het horizontale leidingwerk in rekening gebracht voor de berekening. Voor de verticale systemen wordt enkel het verticale leidingwerk in rekening genomen voor de berekening. In [5] worden de formules voor de berekening van de milieueffecten weergegeven. Figuur 10 toont de resultaten van de numerieke berekening van het milieueffect ME11.



Figuur 10: Achterblijvend kunststof in de bodem bij gesloten systemen

Bij de horizontale systemen (TECH-3) blijft evenveel materiaal, achter in de bodem bij buitendienststelling van de installatie.

Bij de verticale systemen (TECH-4 tot en met TECH-6) is het achterblijvend PE materiaal in de bodem kleiner dan het ingebrachte en bedraagt dit gemiddeld 18 kg per MWht. Ook hier heeft het effect van de betere bodem een gunstig effect op het milieueffect. Een groot deel van het ingebrachte PE materiaal blijft na buitendienstname ook daadwerkelijk in de bodem zitten.

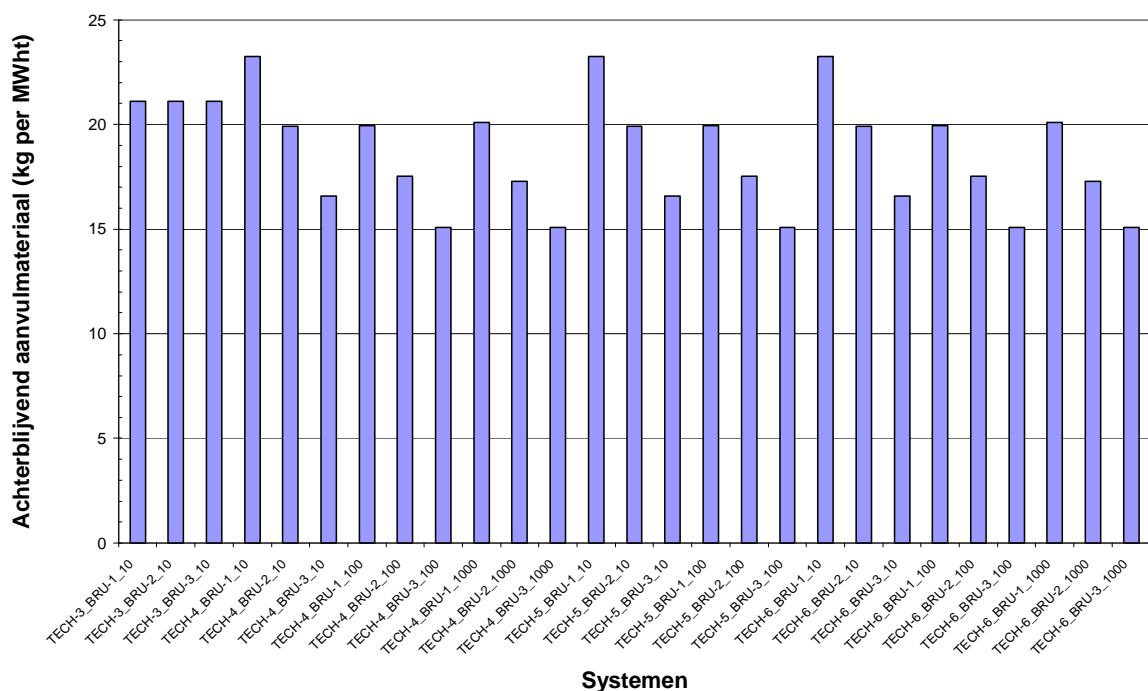
3.4.5 Milieueffect ME12: Achterblijvend grouting materiaal in de bodem

Beschrijving

Analoog aan het vorige milieueffect kan ook het ingebrachte grouting materiaal berekend worden en aanzien worden als een milieueffect. Dit milieueffect is van toepassing bij alle geothermische gesloten systemen. Bij de plaatsing van dergelijke geothermische systemen is het gebruik van een geschikt en voldoende waterafdichtend grouting of aanvulmengsel steeds nodig. Dit om te beletten dat grondwater van boven kan insijpelen naar diepere gelegen grondwaterlagen of aquifers. Zo kan menging van verschillende grondwater kwaliteiten ontstaan. Ook heeft het gebruik van een zogenaamde thermische verbeterde grout een bijkomend voordeel naar rendement van de installatie en zal er bijgevolg minder meters leiding nodig zijn voor éénzelfde vermogen aan de bodem te onttrekken.

Kwantificering

De kwantificering van dit milieueffect wordt uitgedrukt in kg aanvulmateriaal per MWht. Afhankelijk van het aantal benodigde meters leidinglengte kan bepaald worden hoeveel kg aanvulmateriaal er benodigd is dat in de bodem achterblijft. Voor de dichtheid van het aanvulmateriaal wordt 1600 kg/m^3 aangenomen. In [5] worden de formules voor de berekening van de milieueffecten weergegeven. Figuur 11 toont de resultaten van de numerieke berekening van het milieueffect ME12.



Figuur 11: Achterblijvend grouting materiaal bij gesloten systemen

Bij horizontale systemen (TECH-3) is het achterblijvend grouting materiaal voor alle bodemtype dezelfde. Voor de verticale systemen vermindert het milieueffect bij een meer geschikte bodemtype.

3.4.6 Milieueffect ME13: Volume glycol dat naar de bodem lekt

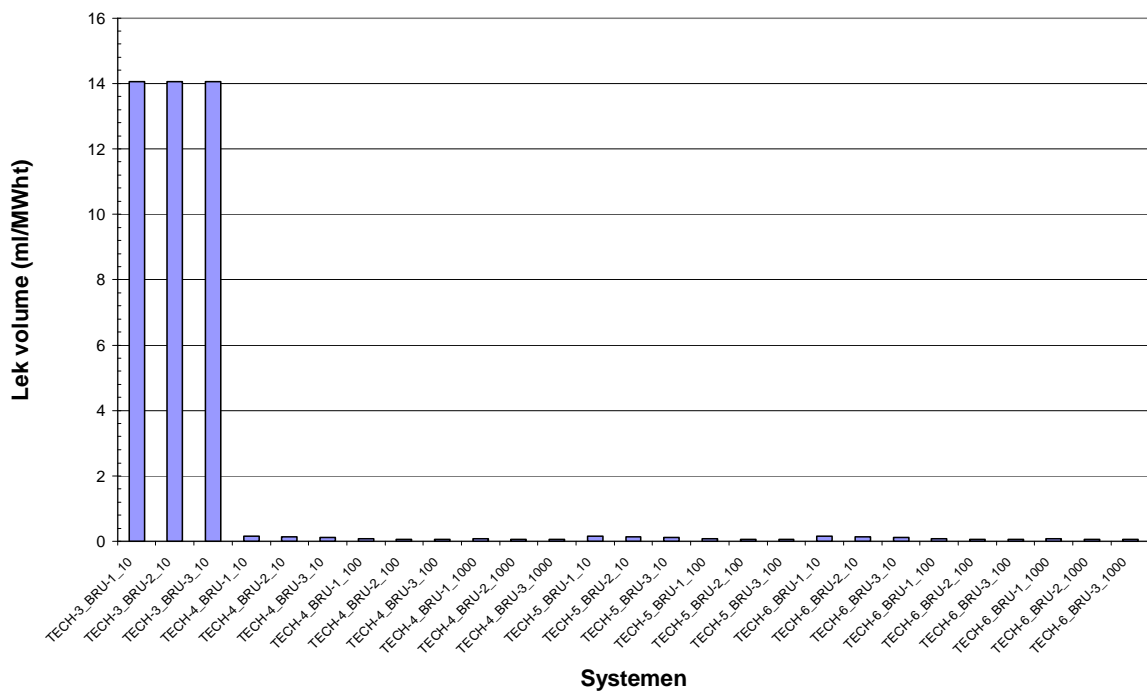
Beschrijving

Het fluïdum dat in horizontale of verticale systemen wordt gebruikt kan gaan lekken naar de bodem door een onzorgvuldige installatie of kan accidenteel voorkomen. Dit wordt aanzien als een milieueffect en is van toepassing bij alle gesloten systemen waar monopropyleenglycol wordt toegepast. Tegen bevroeringsgevaar wordt vaak monopropyleenglycol toegevoegd aan het mengsel. Het gebruik van ethyleenglycol rechtstreeks in de bodem zou verboden moeten worden. Bij de beschrijving van de milderende en remediërende maatregelen worden alternatieven voor dergelijke fluida besproken.

Bij de plaatsing van gesloten systemen dient de installatie altijd getest te worden op lektheid zowel bij de plaatsing van de verticale als horizontale leidingwerk als bij het beheer en onderhoud van de installatie. Hiervoor zijn in de aanbestedingsdossiers (lees lastenboeken) voldoende testprocedures opgenomen om de lekkans naar de bodem zoveel als mogelijk uit te sluiten.

Kwantificering

De kwantificering van dit milieueffect wordt uitgedrukt in ml per MWht. Uitgaande van het aantal benodigde meters PE leiding kan het benodigde volume aan monopropyleenglycol berekend worden. Er wordt aangenomen dat het volume monopropyleenglycol 30% bedraagt wat een worst case scenario is. Cijfers over het aantal wisselaarsystemen dat kan gaan lekken zijn er op nationaal en internationaal gebied niet veel. In de Novem studie [5] worden hiervoor cijfers gegeven. Voor de verticale systemen wordt uitgegaan van 5 systemen per 100.000 bodemwarmtewisselaars per jaar die kunnen lekken. Bij de horizontale systemen gaat men in deze studie uit van 0,35% kans per jaar. In het kader van deze studie behouden we deze waarden. In [5] worden de formules voor de berekening van de milieueffecten weergegeven. Figuur 12 toont de resultaten van de numerieke berekening van het milieueffect ME13. Deze cijfers zijn gebaseerd op statistische gegevens van systemen en het is niet zo dat elk bodemsysteem defacto zal lekken naar de bodem vertonen.



Figuur 12: Volume glycol dat naar de bodem lekt bij gesloten systemen

We kunnen omzichtig besluiten dat de kans op lekken bij horizontale systemen hoger is dan bij verticale systemen uitgaande van de beschikbare gegevens. Voor de horizontale systemen lekt 14 ml per MWh naar de bodem onafhankelijk van het bodemtype.

Bij de verticale systemen is de lekkans gemiddeld 0,10 ml per MWh afhankelijk van het bodemtype. In een zeer geschikte bodemtype zijn er minder wisselaars nodig voor éénzelfde vermogen dan bij een matig geschikte bodem en is de hoeveelheid die naar de bodem kan lekken dan ook kleiner.

3.4.7 Milieueffect ME14/15: Extra infiltratie lekkende boorgaten (boren en drukken)

Beschrijving

Het aanbrengen van verticale wisselaars kan gebeuren door het boren of drukken (zie taak 1 voor een beschrijving van de verschillende boortechnieken). Het al dan niet goed afdichten van een boorgat hangt nauw samen met de gebruikte boortechniek. Bij het spoelboren kan men niet voldoende afdichten, bij de andere boortechnieken is dit wel mogelijk en noodzakelijk. Indien een boorgat niet goed afgedicht wordt kan er infiltratie ontstaan van grondwater naar diepere gelegen lagen. Ook de prestaties van dergelijke niet goed afgedichte boorgaten is wezenlijk verschillend van goed afgedichte boorgaten.

Dit is een milieueffect en is enkel van toepassing bij de verticale systemen. Vermits bij horizontale wisselaars (TECH-3) geen gaten maar sleuven of zelfs volledige oppervlaktes worden (af)gegraven speelt dit milieueffect niet mee.

Kwantificering

Daar er in de diverse literatuur geen eenduidige cijfers bestaan rond het aantal gesloten systemen die niet goed afgedicht zijn, wordt dit milieueffect niet numeriek berekend. Er wordt wel in de volgende taken milderende of remediërende maatregelen voorgesteld om extra infiltratie langs lekkende boorgaten zoveel mogelijk te vermijden.

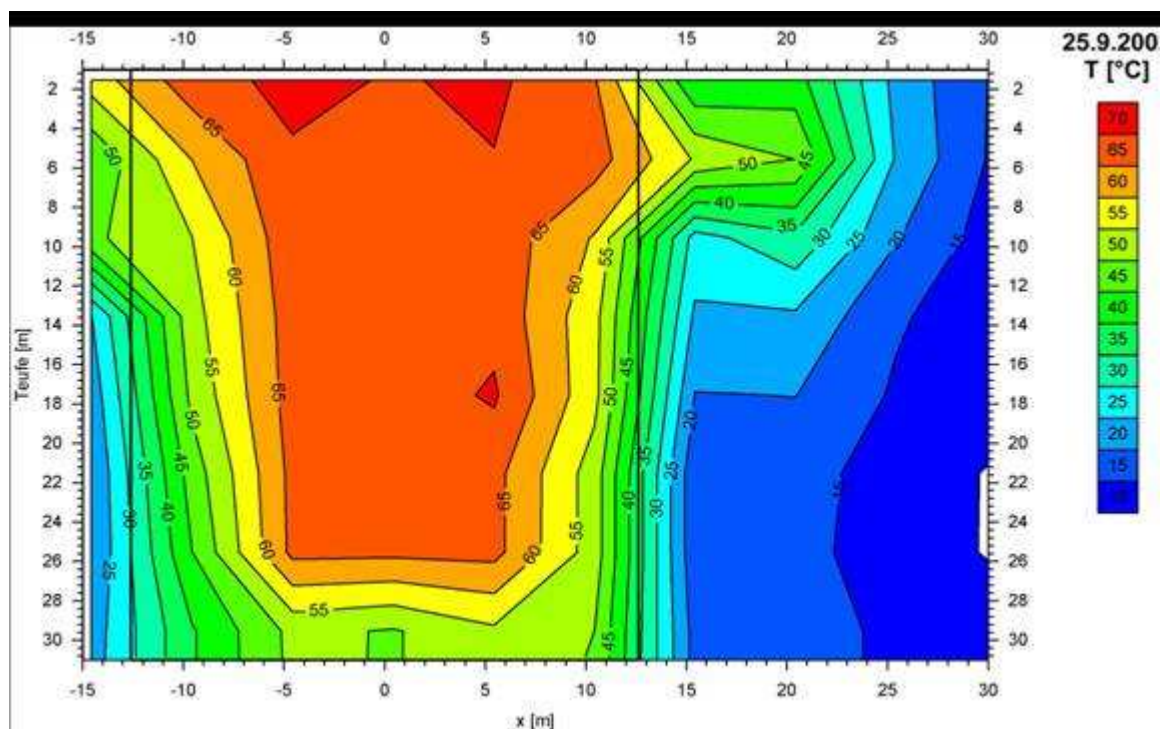
3.4.8 Milieueffect ME16/17: Thermische invloedsgebied met $dT=2/1K$ na 20 jaar

Beschrijving

Deze parameter beschrijft het gebied waarbinnen een temperatuursverandering van $2^{\circ}C$ (ME 16) of $1^{\circ}C$ (ME 17) in de bodem kan optreden over een periode van 20 jaar bij gesloten systemen.

Bij gesloten systemen is het volume grond dat thermisch geactiveerd wordt gelijk aan de bovenoppervlakte van het veld vermenigvuldigd met de diepte. Voor een systeem met 90 wisselaars op een diepte van 125 m en met de boorgaten op een afstand van 5 m van elkaar vertegenwoordigt dit een grond volume van $243.535 m^3$. Daar de temperaturen waarbinnen de gesloten systemen opereren beperkt is (0 tot $18^{\circ}C$) is het thermische invloedsgebied beperkt tot zeer beperkt. Invloedsgebieden van een aantal meters zijn echter wel te verwachten.

In Figuur 13 wordt een voorbeeld getoond van een thermisch invloedsgebied voor een hoog temperatuursopslagsysteem TESSAS te Mol.



Figuur 13: Thermische invloedsgebied van een hoog temperatuursopslagsysteem

Uit de figuur is af te leiden dat ondanks de hoge temperaturen in de bodem (hier zelfs tot $70^{\circ}C$) het invloedsgebied of de stijging van de grondwatertemperatuur op een afstand van 30 m van het veld quasi beperkt is. We kunnen aldus concluderen dat een dergelijke toepassing geen noemenswaardige invloed heeft op het grondwater en bijgevolg het milieueffect eerder beperkt is. Wel is het zo dat bij een slecht ontworpen geothermiesystemen de bodem wel kan bevriezen en dat dit een groter milieueffect kan teweegbrengen.

Kwantificering

Voor de beide milieueffecten wordt geen numerieke berekening gemaakt. Ook de wisselende bodemparameters (afstand tussen de boorgaten, diepte, onttrokken warmte, ed.) hebben een belangrijke invloed op de straal van een dergelijk invloedsgebied. Het numeriek berekenen van het thermische invloedsgebied dient te worden uitgevoerd met aangepaste simulatiemodellen en is voor de gesloten bodemsystemen niet altijd noodzakelijk. Voor residentiële toepassingen wordt een straal van 5 à 10 meter als voldoende beschouwd. Voor de tertiaire toepassingen wordt een straal van ongeveer 300 m aangenomen. Deze waarden zijn niet strikt te volgen indien kan aangetoond worden dat binnen deze straal geen invloed is met aangepaste simulatiemodellen (Modflow, HST3D, ed.).

3.5 Samenvatting milieueffecten

Tabel 23 toont een samenvattende tabel met de numerieke resultaten van de verschillende milieueffecten voor de gesloten systemen (TECH-3 tot en TECH-6).

Tabel 24 toont een samenvatting van de milieueffecten die kunnen optreden bij open en gesloten geothermische systemen.

Tabel 23: Samenvatting numerieke berekening milieueffecten gesloten systemen

Case	ID techniek	Warmtevraag bodem (MWh/jaar)	Bodem-type	ME10	ME11	ME12	ME13	ME14	ME15	ME16	ME17
1	TECH-3	10	BRU-1	5	5	21	14	x	x	x	x
2		10	BRU-2	5	5	21	14	x	x	x	x
3		10	BRU-3	5	5	21	14	x	x	x	x
4	TECH-4	10	BRU-1	25	22	23	0,2	x	x	x	x
5		10	BRU-2	21	19	20	0,1	x	x	x	x
6		10	BRU-3	18	16	17	0,1	x	x	x	x
7		100	BRU-1	22	21	20	0,1	x	x	x	x
8		100	BRU-2	19	18	18	0,1	x	x	x	x
9		100	BRU-3	17	16	15	0,1	x	x	x	x
10		1000	BRU-1	22	21	20	0,1	x	x	x	x
11		1000	BRU-2	19	18	17	0,1	x	x	x	x
12		1000	BRU-3	17	16	15	0,1	x	x	x	x
13	TECH-5	10	BRU-1	25	22	23	0,2	x	x	x	x
14		10	BRU-2	21	19	20	0,1	x	x	x	x
15		10	BRU-3	18	16	17	0,1	x	x	x	x
16		100	BRU-1	22	21	20	0,1	x	x	x	x
17		100	BRU-2	19	18	18	0,1	x	x	x	x
18		100	BRU-3	17	16	15	0,1	x	x	x	x
19	TECH-6	10	BRU-1	25	22	23	0,2	x	x	x	x
20		10	BRU-2	21	19	20	0,1	x	x	x	x
21		10	BRU-3	18	16	17	0,1	x	x	x	x
22		100	BRU-1	22	21	20	0,1	x	x	x	x
23		100	BRU-2	19	18	18	0,1	x	x	x	x
24		100	BRU-3	17	16	15	0,1	x	x	x	x
25		1000	BRU-1	22	21	20	0,1	x	x	x	x
26		1000	BRU-2	19	18	17	0,1	x	x	x	x
27		1000	BRU-3	17	16	15	0,1	x	x	x	x

X: niet numeriek berekend

Tabel 24: Samenvatting milieueffecten open en gesloten systemen

ID	Milieueffect	TECH-1	TECH-2	TECH-3	TECH-4	TECH-5	TECH-6
ME1	Menging van verzilt grondwater	x	x				
ME2	Aantrekken en verplaatsen van verontreinigingen	x	x				
ME3	Lekken van milieuvreemde stoffen naar de bodem	x	x				
ME4	Hydraulisch invloedsgebied	x	x				
ME5	Beïnvloeding van het grondwaterpeil aan maaiveld	x	x				
ME6	Zettingen tengevolge van grondwaterverlagingen	x	x				
ME7	Invloed op de vegetatie	x	x				
ME8	Thermische beïnvloeding van de diepe ondergrond	x	x				
ME9	Thermische beïnvloeding van de ondiepe ondergrond	x	x				
ME10	Type en massa ingebracht materiaal (kunststof)			x	x	x	x
ME11	Achterblijvend materiaal in de bodem (kunststof)			x	x	x	x
ME12	Achterblijvend materiaal in de bodem (grouting)			x	x	x	x
ME13	Volume glycol dat naar de bodem lekt			x	x	x	x
ME14	Percentage extra infiltratie langs lekkende boorgaten (boren)	x	x	x	x	x	x
ME15	Percentage extra infiltratie langs lekkende boorgaten (drukken)			x	x	x	x
ME16	Gebied met dT=2K halverwege de bww na 20 jaar			x	x	x	x
ME17	Gebied met dT=1K op 0,5 mmv na 20 jaar			x	x	x	x

X: milieueffect kan optreden

4 TAAK 3: TECHNISCH VERSLAG

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk stellen we een voorstel van (een) technisch(e) verslag(en) op dat door de toekomstige eigenaars van een geothermische installatie als basis voor een milieuvergunningaanvraag kan gebruikt worden. We maken een onderscheid in technische verslagen voor open en gesloten geothermische systemen. Indien noodzakelijk maken we verder een onderscheid naar de systeemgrootte van de installatie.

Voor de opmaak van een technisch verslag dient door de aanvrager de locatie van een open of gesloten systeem op voorhand gekend en geschikt te zijn en tevens goed bereikbaar of toegankelijk zijn voor een sondeerwagen of boorwagen. Dit is een uitgangspunt die later in de beslissingsboom is geïntegreerd (zie taak 5). Voor de bepaling van de geschiktheid kan een eerste indicatie door de kanskaarten voor KWO en BEO worden gegeven [6]. Deze kanskaarten dienen echter met de nodige zorg en voorzichtigheid gebruikt te worden en vervangen het veld- of studiewerk helemaal niet. Het is aan te raden om voor een ondergronds energieopslagveld steeds een gedetailleerd ontwerp van de installatie op te maken.

Het technisch verslag bevat een beschrijving van de installatiekenmerken met hun hydraulische en hydrothermische impact en de benodigde parameters voor een beoordeling van een milieuvergunningaanvraag. De technische verslagen zijn in bijlage 3 opgenomen vanwege de leesbaarheid van dit rapport.

Tevens formuleren we in dit hoofdstuk antwoorden op :

- het gebruik van grondwatermodellering voor open systemen
- het nut van een pompproef bij open systemen
- het nut en de inplanting van een thermische respons test (TRT) bij gesloten systemen

4.2 Open systemen

Het doel van de standaardopmaak is tweeledig. De standaardopmaak dient enerzijds als hulpmiddel voor de aanvrager van de milieuvergunning om na te gaan of alle effecten van het systeem op de omgeving zijn ingeschat. Anderzijds laat een standaardisatie ook toe om snel inzicht te krijgen in het systeem en zijn impact zodat het mogelijk is om op een vlotte wijze de milieuvergunningsaanvraag te beoordelen.

Voor de open geothermische systemen worden de technische verslagen in bijlage 3 opgenomen.

Hieronder wordt de informatie die verstrekt moet worden in het technisch verslag gemotiveerd.

1. **Identificatie van de aanvrager**
2. **Locatie**

Dit zijn algemene administratieve gegevens met betrekking tot het project die de bevoegde instanties in staat moet stellen om het project te lokaliseren en contact op te nemen met de aanvrager.

3. Technische kenmerken van het project

Hierin worden de relevante kenmerken van de installatie samengevat.

De op te geven waarden zijn begroot op basis van bestaande normen of uitvoeringsbesluiten. Voor het begroten van het vermogen moet hierbij gedacht worden aan de geldende NBN/EN normen terzake. De begroting van de energievraag is gebaseerd op de EPB-regelgeving.

Bovendien worden een aantal principeschema's opgenomen. De aanvrager moet aangeven op welke principeschemas zijn installatie gebaseerd is zowel in winterbedrijf als in zomerbedrijf.

4. Kenmerken van de ondergrond

Om een inschatting te krijgen van risico's en invloed op de omgeving is het nodig dat de aanvrager een omschrijving geeft van de ondergrond ter hoogte van de site.

Het uitvoeren van een pompproef is noodzakelijk bij projecten waarvoor het jaargemiddeld onttrekkingsdebiet groter is dan 10.000 m³/jaar. Voor kleinere projecten kan er van worden uitgegaan dat indien er een watervoerende laag aanwezig is, de debieten steeds kunnen gehaald worden met één enkel bronnenpaar. Voor grotere installaties is dat niet het geval en is het wenselijk om de werkelijke geohydrologische toestand te kennen.

Het verslag van de pompproef wordt bij de aanvraag gevoegd als bijlage. De pompproef wordt uitgevoerd aan de hand van minstens 1 pompput. Volgende elementen worden weergegeven :

- 1) een boorstaat en inbouwschema van de bron
- 2) het debiet waaraan de pompproef is uitgevoerd (meterstanden van de debietmeter)
- 3) de duur van de pompproef en van de stijgproef (aanvangstijden en eindtijden)
- 4) de meetresultaten waarbij de evolutie van het grondwaterpeil wordt weergegeven in functie van de tijd tijdens de pompproef en tijdens de stijgproef
- 5) de analyse van deze meetresultaten op basis van de meest geëigende methode in functie van de randvoorwaarden – de analysemethodes zijn uitgebreid beschreven in het referentiewerk “Analysis and evaluation of pumping test data”
- 6) het resultaat van de metingen (doorlatendheid en dikte van het watervoerende pakket en transmissiviteit.
- 7) De analyseresultaten van een staal dat genomen is na het beëindigen van de pompproef en dat na filtratie geanalyseerd is op de onderstaande parameters (pH, EC, Eh, concentraties van Na, K, Ca, Mn, Mg, Fe, NH₃, SO₄, NO₃, NO₂, Cl, HCO₃, CO₃, OH, PO₄, F) en waarop veldproeven zijn uitgevoerd voor de bepaling van de temperatuur, pH, EC, Eh en het zuurstofgehalte)

Voor projecten met een debiet van 40.000 m³/jaar gebeurt de pompproef op basis van een pompput en twee peilbuizen. De peilbuizen worden zo geplaatst dat de twee verbindinglijnen van de peilbuizen met de pompput nagenoeg loodrecht op mekaar staan. De meetresultaten van de peilbuizen worden gebruikt voor de bepaling van het gradiënt ter hoogte van de site, voor de verificatie van de doorlatendheid.

Naast de hierboven opgesomde gegevens wordt volgende bijkomende informatie opgenomen in het verslag :

- 8) de meetresultaten in de peilbuizen waarbij de evolutie van het grondwaterpeil wordt weergegeven in functie van de tijd tijdens de pompproef en tijdens de stijgproef
- 9) de analyse van deze meetresultaten op basis van de meest geëigende methode in functie van de randvoorwaarden – de analysemethodes zijn uitgebreid beschreven in het referentiewerk “Analysis and evaluation of pumping test data”
- 10) het resultaat van de metingen (doorlatendheid en dikte van het watervoerende pakket en transmissiviteit
- 11) een inmeting van de peilbuizen X,Y,Z waarbij X en Y de Lambert coördinaten zijn van het punt en Z de hoogte is van de top van de peilbuis in m-TAW.

Voor alle projecten die worden uitgevoerd in een fretische watervoerende laag wordt aangetoond dat er geen risico is op redoxproblemen. Dit gebeurt door de plaatsing van

een peilbuis die voorzien wordt van 3 piëzometers die van elkaar worden gescheiden door het aanbrengen van kleistoppen. Een eerste piëzometer wordt geplaatst in de top van het verzadigde gedeelte van de watervoerende laag. Een tweede piëzometer wordt geplaatst in het midden van de watervoerende laag. De laatste piëzometer wordt geplaatst aan de onderzijde van de watervoerende laag. Deze peilbuizen worden ontwikkeld en ten vroegste 2 weken na plaatsing bemonsterd. De analyseresultaten van de stalen die genomen zijn na het beëindigen van de pompproef en die na filtratie geanalyseerd zijn op de onderstaande parameters (pH, EC, Eh, concentraties van Na, K, Ca, Mn, Mg, Fe, NH₃, SO₄, NO₃, NO₂, Cl, HCO₃, CO₃, OH, PO₄, F) en de analyseresultaten van de veldproeven die zijn uitgevoerd voor de bepaling van de temperatuur, pH, EC, Eh en het zuurstofgehalte) op de verschillende piëzometers worden weergegeven in een verslag. Op basis van de analyseresultaten wordt een deskundig oordeel geveld t.a.v. de redox problematiek.

De geïnstalleerde piëzometers kunnen gebruikt worden in het kader van de opvolging van de milieuvergunningvoorwaarden en als meetpunten voor de achtergrondwaarden binnen de kaderrichtlijn water.

Met betrekking tot de opvolging van de uitbating van het systeem zijn er geen bijzondere eisen t.a.v. het aantal piëzometers. De piëzometers hebben voornamelijk een controle functie in het kader van de netto onttrokken grondwater hoeveelheden. Hiertoe kan best een uurlijkse logging van de stijghoogtes in de piëzometers opgelegd worden.

Met betrekking tot verontreiniging is het beter om de kwaliteit te meten van het water dat onttrokken wordt en geïnfiltreerd wordt in de bronnen. Dit laat immers toe om ter hoogte van de injectiepunten te meten. Het jaarlijks nemen van een mengstaal van alle bronnen is naar uitbating controle in principe voldoende om een eventuele verontreiniging te detecteren.

Indien een verontreiniging wordt vastgesteld dan moet de oorzaak hiervan worden opgespoord. Een verontreiniging kan slechts in het grondwater terecht komen ter hoogte van de warmtewisselaar. Een verontreiniging ter hoogte van de bronnen betekent daarom nog niet automatisch dat het de energieopslag is die de verontreiniging heeft veroorzaakt.

5. Kenmerken van de omgeving

De aanvrager van de vergunning voert een onderzoek uit naar :

- de milieuhygiënische toestand van de site op basis van :
 - o het register van verontreinigde gronden
 - o reeds uitgevoerde bodemonderzoeken op de site
 - o huidige en historisch gekende milieuvergunningen die betrekking hebben op de site
- de milieuhygiënische toestand van de omgeving van de site die mogelijk beïnvloed wordt door het opslag project – Hierbij wordt enkel rekening

- gehouden met gekende verontreinigingen in de watervoerende laag waarin de opslag installatie wordt aangebracht
- de bestaande vergunde grondwatervergunningen in de omgeving van de site met het oog op de inschatting van de wederzijdse interactie tussen de bestaande waterwinningen en de opslag
- omgevingsfactoren die potentieel schade kunnen leiden of aanleiding kunnen geven tot schade zoals :
 - o de aanwezigheid van weinig draagkrachtige gronden
 - o de relatie tussen de stijghoogte ter hoogte van het maaiveld en de maaiveldhoogte (vernatting van de ondergrond – wateroverlast)
 - o de aanwezigheid van ondergrondse constructies (metro, ondergrondse parkings , kelders) in de omgeving van de site.

6. Invloed van het systeem op de omgeving

De aanvrager begroot de invloed van de installatie op de grondwaterpeilen. Deze informatie is noodzakelijk om de overheid toe te laten een gegronde oordeel te vellen over de invloed op bestaande vergunningen.

Voor kleine installaties met een verpompt volume kleiner dan 2.000 m³/seizoen kan de invloed begroot worden aan de hand van een analytische formule. Voor freatische watervoerende lagen is de analyse gebaseerd op de formule van Dupuit of op de formule van Theis met correctie voor de freatische afpompings. Voor gespannen watervoerende lagen is de berekening gebaseerd op de formule van Deglee of Theis. Numerieke modellen komen eveneens in aanmerking voor de begroting van de invloed op de grondwaterpeilen. Deze modellen moeten voldoen aan de vereisten die opgelegd worden aan de modellen die gebruikt worden voor grote systemen.

Voor grote installaties met een verpompt volume groter dan 2.000 m³/seizoen wordt de invloed begroot aan de hand van een numeriek model.

De numerieke modellen die in aanmerking voor de modellering zijn hieronder weergegeven. Deze modellen worden o.a. door OVAM (Openbare Vlaamse Afvalstoffen Maatschappij) erkend voor modelleringen die uitgevoerd worden in het kader van saneringsprojecten. De lijst is in opdracht van OVAM opgesteld aan de Vrije Universiteit Brussel door de Vakgroep Hydrologie en Waterbouwkunde onder leiding van Prof.Dr.Ir.F.De Smedt.

Het is echter duidelijk dat de aanschaf van een model is geen garantie dat met het model ook succesvol simulaties kunnen uitgevoerd worden. Hiervoor is het nodig dat de gebruiker zich de nodige expertise eigen maakt en kennis en ervaring opdoet op de volgende gebieden:

- Basiskennis van hydrogeologie en hydrochemie.

- Kennis van de basisconcepten van het modelleren van grondwaterreservoirs.
- Werking van het model dat men wil gebruiken.
- Het oplossen van voorbeeldproblemen.

Er wordt hier op gewezen dat dit tijdrovend kan zijn en dat het volgen van opleidingen en cursussen en/of het volgen van praktische werksessies vaak aangewezen is.

4.3 Publiek beschikbare modellen

MODFLOW (eindige verschillen) is vandaag het meest gebruikte grondwaterstromingsmodel. De oorzaken hiervoor zijn o.a. de publieke toegang en zijn modulaire opbouw. De resultaten bekomen met MODFLOW, kunnen verder gebruikt worden bij stoftransportsimulaties. De transportmodellen die rechtsreeks aan MODFLOW gekoppeld kunnen worden, staan vermeld in Tabel 1. MT3D was het eerste transportmodel bij MODFLOW. MT3DMS is een recentere versie van MT3D waarmee ‘*Multi-Species transport*’, simulatie van de verspreiding van verschillende opgeloste stoffen tegelijk, mogelijk is gemaakt. De US Geological Survey creëerde reeds het recente MT3D99. Reactief transport is mogelijk met RT3D. MOC3D is een driedimensionaal model van Konikow en Bredehoeft. Tabel 25 geeft een overzicht van de publiek beschikbare modellen.

HST3D is een model dat zowel grondwaterstroming, stoffentransport als warmtetransport kan simuleren. Daarnaast kan HST3D met variabele densiteiten (simulatie zeewaterintrusie) werken.

FEMWATER is een driedimensionaal eindige elementen (*finite element*) model dat zowel grondwaterstroming als transport in verzadigde als onverzadigde condities kan simuleren. Het grondwaterstromingsmodel is FEMWATER, het transportmodel LEWASTE. Dit model is niet eenvoudig in gebruik.

Tabel 25: Publiek beschikbare modellen

Grondwaterstromingsmodel	Transportmodel
MODFLOW	MT3D
MODFLOW	MT3DMS
MODFLOW	MT3D99
MODFLOW	RT3D
MODFLOW	MOC3D
HST3D	HST3D
FEMWATER	3DLEWASTE

4.4 Commerciële modellen

Tabel 26: Commerciële modellen met beschikbare broncode

Hulpprogramma	Gebruikte code
Visual Modflow	MODFLOW
Processing Modflow	MODFLOW
GroundwaterVistas	MODFLOW
Argus Numerical Environment	MODFLOW
Argus Numerical Environment	HST3D
Groundwater Modeling System (GMS)	MODFLOW
Groundwater Modeling System (GMS)	FEMWATER

De modellen in Tabel 26 zijn allen gebaseerd op een publiek beschikbaar model. Het zijn hulpprogramma's die de invoer, verwerking en presentatie van gegevens vereenvoudigen. Tabel 26 vermeldt tevens het grondwaterstromingsmodel waarrond de hulpprogramma's zijn gebouwd. Gezien de resultaten van deze modellen door publieke codes berekend zijn, kunnen is transportberekening mogelijk met de modellen uit Tabel 26.

Visual Modflow combineert de volgende modelcodes in een gebruiksvriendelijke modelleeromgeving:

- MODFLOW (het stromingsmodel)
- MODPATH (een stroomlijnprogramma)
- MT3DMS (zie hoger)
- RT3D : een reactiemodule voor gebruik met MT3DMS
- Extra (niet essentiële) hulpprogramma's zoals:
 - PEST : optimalisatieprogramma, te gebruiken bij kalibratie van het model
 - 3D-EXPLORER : visualisatie van modelresultaten.

Processing Modflow (PMWin) is een volledige geïntegreerde modelleeromgeving. Het combineert:

- PMPATH : een stroomlijnenprogramma
- PEST : optimalisatieprogramma, te gebruiken bij kalibratie van het model
- UCODE : het optimalisatieprogramma van de USGS.

Argus Numerical Environment is een gebruiksvriendelijke pre- en postprocessor. Het is gebaseerd op de ARGUS ONE (Argus Open Numerical Environments) interface. Deze interface ondersteunt verschillende modellen waaronder MODFLOW, MT3D en HST3D.

Het **Groundwater Modeling System (GMS)** volledige geïntegreerde modelleeromgeving en voorziet een koppeling naar verschillende grondwatermodellen, waaronder MODFLOW, MT3D en FEMWATER. Ook kalibreren met PEST en UCODE is mogelijk binnen GMS.

Ook **Groundwater Vistas** is een volledige geïntegreerde modelleromgeving. Kleinere deelmodellen kunnen met behulp van ‘*Telescopic Mesh Refinement*’ uit een groter modelgebied gegenereerd worden.

Als hulp bij het kalibreren worden zowel PEST, UCODE als een eigen invers model ondersteund. ‘*Stochastic Groundwater Vistas*’ laat stochastische simulaties toe.

Modelcode niet publiek beschikbaar

Van de modellen in Tabel 27 is de broncode niet beschikbaar.

Tabel 27: Commerciële modellen zonder beschikbare broncode

Stromings- en transportmodel

AQUA3D

FEFLOW

MIKE SHE

SWIFT

AQUA3D is geïntegreerd driedimensionaal grondwater- en transportmodel. Dat gebruikte van een eindige elementen numeriek oplossingsmethode.

Ook **FEFLOW** gebruikt de eindige elementen methode. Het kan grondwaterstroming, pollutentransport en warmtetransport simuleren. Bovendien kan variabele waterdensiteit (zeewater) in FEFLOW worden ingebracht.

MIKE SHE is een geïntegreerd, deterministisch model waarmee grondwater, transport van opgeloste stoffen en transport van sediment kan mee gesimuleerd worden.

SWIFT is een complex driedimensionaal model met veel geavanceerde mogelijkheden dat de stroming van vloeistoffen (met variabele densiteit) en energie kan simuleren. Het heeft specifieke opties om het verval van radionucliden te behandelen. Gefractureerde media kunnen d.m.v. een dubbele porositeitbenadering worden opgenomen. Gezien de complexiteit van het model is het gebruik van een pre- en postprocessor hier noodzakelijk.

Publiek beschikbare modellen

MODFLOW werd ontwikkeld door ‘*US Geological Survey*’ (USGS). Verschillende versies van MODFLOW zijn reeds verschenen. Meest recent is MODFLOW2000 (versie 1.1, januari 2001). Oudere versies zijn MODFLOW96 (versie 3.3 uit 2000 is meest recente versie) en MODFLOW88 (versie 2.8 uit 1996). Het is aanbevolen om MODFLOW96 of MODFLOW2000 te gebruiken.

MODFLOW 2000 en pdf-handleiding kan gedownload worden via de webpagina:

<http://water.usgs.gov/nrp/gwsoftware/modflow2000/modflow2000.html>

Een handleiding voor beginners, met MODFLOW-voorbeelden is af te halen op:

<http://www.epa.gov/ada/csmos/models/modflow.html>

MT3D werd in de Verenigde Staten o.l.v. Zheng ontwikkeld door de ‘U.S. Environmental Protection Agency’ (EPA) en S.S. Papadopoulos & Associates Inc. De eerste versies (v1.1, v1.5, v1.86) zijn publiek toegankelijk. Het in 1996 verschenen MT3D96 was echter niet publiek beschikbaar. Zheng paste MT3D96 vervolgens aan en het nieuwe programma MT3DMS – ontwikkeld aan het ‘US Army Corps of Engineers’ - werd opnieuw publiek toegankelijk. MOC3D en MT3D99 werden beiden ontwikkeld aan het USGS. RT3D werd ontwikkeld aan het ‘US Department of Energy’.

MT3D, versie 1.1 is te vinden op de EPA-server:

<http://www.epa.gov/ada/csmos/models/mt3d.html>

MT3D, versie 1.86 is te vinden op:

http://www.sspa.com/products/Mt3d_186.htm

MT3DMS met documentatie kan gedownload worden via:

<http://hydro.geo.ua.edu/mt3d/mt3dms2.htm>

De laatste versie van **MOC3D** (v.3.1 uit 1999) is af te halen op:

<http://water.usgs.gov/software/moc3d.html>

<http://www.geogr.uni-jena.de/software/moc3d.html>

HST3D (versie 2.05, uit 1999) en handleidingen, ontwikkeld aan Universiteit van Jena (D). <http://www.geogr.uni-jena.de/software/hst3d.html>.8

FEMWATER/LEWASTE werd ontwikkeld aan het EPA in de Verenigde Staten.

<http://www.epa.gov/ceampubl/femwater.htm>

<http://www.cee.odu.edu/cee/model/femwater.html>

Commerciële modellen

De meeste commerciële software is te verkrijgen bij de Scientific Software Group. Doch, ook bij het Waterloo Hydrogeologic Institute (WHI) (o.a. Visual Modflow) en Danish Hydrological Institute (DHI) (o.a. MIKE SHE) zijn grondwatermodellen te koop.

Informatie over de modellen, handleidingen en de verkoopsvoorwaarden zijn te vinden op:

Scientific Software Group www.scisoftware.com

Danish Hydrologic Institute www.dhi.dk

Waterloo Hydrogeologic Institute www.flowpath.com

Boss International Inc. www.bosshint.com

Deze internetpagina's zijn echter commerciële uitstalramen. Hieronder worden de ontwikkelaars van de modellen aangegeven.

Visual MODFLOW werd door het Waterloo Hydrogeologic Institute in Canada ontwikkeld

<http://www.visual-modflow.com/>

Processing MODFLOW (PMWIN) van Wen-Hsing Chiang & Wolfgang Kinzelbach

http://ourworld.compuserve.com/homepages/W_H_Chiang/homepage.htm

Argus Numerical Environment

<http://www.argusint.com/Intro1.html>

GMS, ontwikkeld aan het 'Environmental Modeling Research Laboratory' van Brigham Young University, UT, Verenigde Staten op initiatief van en gefinancierd door het 'US Department of Defense'. Een spin-off Environmental Modeling Systems Inc (EMS-I) beheert de software. De laatste versie is 3.1.

<http://chl.wes.army.mil/software/gms/>

<http://www.ems-i.com/>

Groundwater Vistas werd ontwikkeld in Engeland aan het 'Environmental Simulations International' (ESI).

<http://www.groundwater-vistas.com/>

<http://www.esinternational.com/>

SWIFT for windows is onder beheer van Geo Trans Inc., VA, Verenigde Staten

<http://www.hsigeotrans.com/swift.html>

AQUA3D werd ontwikkeld in IJsland door Vatnaskil Consulting Engineers.

<http://www.vatnaskil.is/aqua3d.htm>

FEFLOW van H-J. G. Diersch, WASY Institut, Duitsland

www.feflow.com

<http://www.wasy.de/deutsch/produkte/feflow/>

MIKE SHE van DHI Water & Environment, Denemarken.

<http://www.dhisoftware.com/mikeshe/>

Met betrekking tot de rapportage over de modellering dienen volgende richtlijnen in acht te worden genomen :

4.5 Rapportstructuur voor grondwatermodellering

Om de resultaten van de modellering voor te stellen, raden wij aan de volgende structuur te gebruiken. De inhoud van elk van onderdelen wordt hieronder besproken:

1. Beschrijving van de conceptuele modelopbouw.
2. Duidelijke vermelding van de gebruikte software en rekencodes.
3. Voorstelling van de berekende grondwaterstroming en stroomlijnen.
4. Voorstelling van de berekende thermische invloed van de opslag.
5. Bespreking van resultaten en eventuele kalibratie en/of validatie.

4.5.1 Conceptuele Modelopbouw

De eerste taak bij het modelleren is een duidelijke beschrijving van het gestelde probleem. Eens hieruit een duidelijk beeld is gecreëerd van het modeldomein, de heersende grondwatersituatie en de plaatselijke hydrogeologische toestand, moet een duidelijk conceptueel model opgebouwd worden, dat de werkelijkheid zo goed mogelijk benadert. Bij de uitwerking van dit model dient ruime aandacht besteed te worden aan de beschrijving van de talrijke parameters die de bodem, de topografie en de verschillende randvoorwaarden karakteriseren. Specifiek voor de berekening van thermisch transport moet een degelijke inventarisatie opgemaakt worden van de benodigde parameters die het thermisch transport beïnvloeden.

4.5.2 Afbakening van het modeldomein

Geef een duidelijke beschrijving van de afbakening van het modeldomein. Dit komt overeen met een afgesloten grondwaterreservoir waarin de te onderzoeken situatie zich voordoet. Alle contacten met de rest van de ondergrond zal dan enkel gebeuren door de goed gekozen randvoorwaarden. De afbakening van het studiedomein en de beschrijving van de verschillende randvoorwaarden moet compleet en duidelijk zijn. De keuze van deze

randvoorwaarden kan beïnvloed worden door de gebruikte software en rekencode, maar is in de eerste plaats gesteund op de werkelijke hydraulische grenzen (b.v. waterlopen, kleilagen, drainering, waterwinningsputten,...). Het is dan ook onontbeerlijk om een duidelijk plan van het studiegebied op te stellen waarop alle randvoorwaarden zijn aangeduid, in de horizontale en in de verticale richting.

Bij het opstellen van elk plan, doorsnede, kaart of figuur in het rapport mogen volgende items niet ontbreken:

- Een duidelijke titel (met een nummering), waarnaar in de tekst kan worden verwezen. Bij een figuur wordt de titel onderaan geplaatst, terwijl bij een tabel deze bovenaan komt.
- Bij speciale symbolen hoort een nauwkeurige legende.
- Een duidelijke schaal.
- Een overzichtelijk assenstelsel.
- Een duidelijke windroos.

Let op dat bij een eventuele zwart-wit kopie of afdruk van het rapport de figuren nog steeds leesbaar blijven (b.v. gevaar van kleurschalen).

4.5.3 Bespreking gebruikte randvoorwaarden

Voor alle grenzen van het modeldomein dient besproken te worden, welke randvoorwaarden ervoor gebruikt zijn (b.v. ondoorlatende wand, rivierrandvoorwaarde, infiltratie,...). Ook de interne randvoorwaarden dienen grondig beschreven te worden (b.v. waterwinningsputten, lozingspunten, drainages,...). Voor elk van deze randvoorwaarden zijn antwoorden op volgende vragen nodig:

- Om welk soort randvoorwaarde gaat het hier (gekende stijghoogte, gekend debiet, gemiddelde voorwaarde)?
- Hoe wordt deze randvoorwaarde behandeld in de gebruikte software en rekencode?

- Welke parameters heeft men nodig om deze randvoorwaarde te kunnen invoeren (b.v. pompdebit, drainageweerstand, rivierpeil,...)?
- Hoe werden deze parameters bekomen?
- Welke referenties werden gebruikt?
- Wat is de onzekerheid op deze parameters?

Daarnaast is het noodzakelijk in het rapport te vermelden welke parameters (doorlatendheid, porositeit, bergingscoëfficiënt, dispersiecoëfficiënten, ...) nodig waren om de plaatselijke hydrogeologie te beschrijven en welke waarden u invoerde in het model. Geef steeds aan en argumenteer hoe deze waarden bekomen werden (bron en/of berekeningen). Mogelijk worden sommige parameters geschat, analytisch berekend of zijn de waarden gekalibreerd door een automatisch optimalisatie-programma zoals PEST of UCODE.

4.5.4 Modeldiscretisatie

Eens het modeldomein duidelijk is beschreven, wordt het grondwaterreservoir opgesplitst in een aantal rekencellen of -elementen. Deze opdeling maakt het mogelijk om het geheel van stromingsvergelijkingen op een numerieke manier op te lossen. Een volledige beschrijving van de modeldiscretisatie moet worden gegeven:

- Hoe is het grondwaterreservoir opgesplitst (cellen of elementen)?
- Welke hydrogeologische lagen worden beschouwd (hoeveel lagen zijn er)?
- Welke is de horizontale discretisatie is gebruikt (wat is de celgrootte of hoeveel elementen worden gebruikt)?

Visualiseer dit en argumenteer uw keuze. Vermeld de invloed die de verschillende opties van de gebruikte software hebben op de gekozen discretisatie. Argumenteer duidelijk waarom men tot een zeker niveau van detail (cel- of elementgrootte) is gegaan, en eventueel wat de invloed hiervan is op de uiteindelijke resultaten.

Een duidelijke vermelding van het aantal knooppunten, cellen en/of elementen dient voorzien te worden. Voor eventuele tijdsafhankelijke berekeningen is een duidelijk overzicht van de tijdstippen waarop de verschillende randvoorwaarden van waarde veranderen nodig. Deze periodes worden dan verder ingedeeld in rekestijdstappen, die weer sterk afhankelijk zijn van de gekozen rekencode en/of –methode. Ook hiervan wordt een grondige bespreking in de rapportage verwacht.

4.5.5 Gebruikte software en rekencodes

Geef duidelijk de rekencodes aan die gebruikt zijn bij het simuleren van de grondwaterstroming, het berekenen van de stroomlijnen en het simuleren van het stoftransport (b.v. MODFLOW met MODPATH en MT3D). De eventueel gebruikte pre- en postprocessors om de invoer, de verwerking en de visualisatie van de gegevens te vergemakkelijken, worden ook duidelijk vermeld (b.v. Visual Modflow).

Bij het bespreken van de gebruikte software en rekencodes worden volgende items vermeld:

- De exacte naam en ontwikkelaar.
- De juiste versie en jaartal van de gebruikte software of rekencode.
- De beschikbaarheid ervan.
- De eventuele beschikbare documentatie.

Geef ook de numerieke methode (de gekozen solver, met eventuele nodige parameters) op die u gebruikte voor het oplossen van de stromings- en transportvergelijkingen, alsook de verschillende gebruikte parameters, zoals het maximum aantal iteraties, de convergentiecriteria. Alle keuzes moeten grondig geargumenteed worden.

Indien de gebruikte software of rekencode niet in de officiële lijst van toegelaten modelcodes voorkomt, moet een grondige bespreking van de gebruikte software en rekencode bijgevoegd worden. Voeg eventuele validatieoefeningen bij en vermeld alle documentatie en referentiewerken die dienen bijgeleverd of vermeld te worden.

4.5.6 Berekende grondwaterstroming en stroomlijnen

Berekende cijfergegevens kunnen interessant zijn om verdere statistieken en balansen op toe te passen, maar de verkregen resultaten uit de grondwaterstromings simulatie worden best visueel voorgesteld aan de hand van isopotentiaalijnen op een bovenaanzicht en een paar relevante dwarsdoorsneden van het studiegebied. Specifieke numerieke resultaten

kunnen wel nodig zijn voor bepaalde speciale gebieden of randvoorwaarden en moeten indien nodig dus ook beschikbaar zijn. Algemeen kan men stellen dat de voorstelling van grondwaterstromings berekening, gebaseerd is op de visualisatie van grondwaterstijghoogten. Daarnaast is een kaart met de geldende stroomrichtingen zeer nuttig.

Toon eventueel kaarten waarop enkele stroomlijnen worden weergegeven. Duidt op de stroomlijnen aan (b.v. met een merkteken per jaar) hoe lang een waterdeeltje erover doet om een bepaald traject af te leggen. Stel steeds relevante gegevens voor op de verschillende kaarten, pas zonodig de schalen aan om effecten te beklemtonen. Het is bij het tekenen van stroomrichtingsvectoren soms belangrijker om te weten in welke richting de stroming gaat, dan wel hoe groot deze stroming is, gebruik dan projecties van de vectoren met een constante lengte. Het is te verkiezen om bij de voorstelling van stroombanen en -vectoren zich te beperken tot tweedimensionale figuren.

Stel altijd eerst een overzicht op van de natuurlijke situatie (dit is zonder enige externe invloeden, zoals waterwinningen, lekken, drainages...). Nadien kunnen de externe bronnen ingebracht worden en hun invloed op de grondwaterstroming worden nagegaan. Deze methode leidt tot een veel correcter inzicht in de effecten van de verschillende bijgevoegde randvoorwaarden op de lokale grondwaterstroming. Stel ook altijd de huidige situatie voor. Verder wordt het effect van toekomstige ingrepen voorgesteld.

Bij het opstellen van elk plan, doorsnede, kaart of figuur in het rapport mogen volgende items niet ontbreken:

- Een duidelijke titel (met nummering), waarnaar in de tekst kan worden verwezen. Bij een figuur wordt de titel onderaan geplaatst, terwijl bij een tabel deze bovenaan komt.
- Bij speciale symbolen hoort een nauwkeurige legende.
- Een duidelijke schaal, dit zowel voor de isopotentiaallijnen als voor de eventuele vectoren of gemerkte stroombanen.
- Een overzichtelijk assenstelsel.
- Een duidelijke windroos.

Let op dat bij een eventuele zwart-wit kopie of afdruk van het rapport de figuren nog steeds leesbaar blijven (b.v. gevaar van kleurschalen).

Aan de hand van relevante planzichten en doorsneden kan men zo tot een adequate en duidelijke visualisatie komen van de heersende grondwaterstromingssituatie. Let wel dat men geen nutteloze kaarten aan het verslag toevoegt (b.v. indien er geen significant verschillende eigenschappen zijn van de grondlagen en er geen andere randvoorwaarden gelden, kan men zich beperken tot de planvoorstelling van de gehele hydrogeologische eenheid, zelfs al is het model verder opgedeeld in verschillende lagen). De keuze van de gebruikte doorsneden is van groot belang en moet besproken worden.

4.5.7 Berekende thermische invloed

Bij de berekening van concentraties van een verontreiniging dient eerst en vooral een volledige beschrijving te worden gegeven van de gehanteerde thermische eigenschappen van de bodem (specifieke warmtecapaciteit en warmtegeleidingscoëfficiënt). Ook hier wordt een zo volledig mogelijke lijst verwacht, met vermelding van de gebruikte referenties, van de verschillende parameters die invloed hebben op het thermisch transport in de bodem.

Speciale aandacht wordt gevestigd op de nauwkeurige beschrijving van de randvoorwaarden in het model (b.v. hoe komt de thermische energie in het studiedomein, hoe kan ze eruit geraken).

Ook hier zijn de specifieke cijfergegevens meestal enkel van belang om verdere statistieken en balansen op toe te passen. De berekende resultaten van de thermische transportmodellering worden visueel voorgesteld aan de hand van isothermen op een planzicht en een paar relevante dwarsdoorsneden van het studiegebied. Specifieke numerieke resultaten kunnen wel van belang zijn in bepaalde uitzonderlijke gebieden of randvoorwaarden en moeten dus, indien nodig, beschikbaar zijn. Het betreft hier maxima en minima voor de temperatuur, die al dan niet overschreden mogen worden.

Algemeen kan men stellen dat de voorstelling van thermische berekeningen gebaseerd is op de visualisatie van isothermen. Toon visueel hoe de warmte en koude zich heeft verspreid in de tijd. Doe dit met een opeenvolging van planzichten en dwarsdoorsneden berekend op verschillende tijdstappen waarbij minimaal de toestand na een periode van 30 jaar wordt weergegeven. Geef ook de temperatuur ter hoogte van de injectie- en onttrekkingsbronnen weer in functie van de tijd (van 0 tot 30 jaar) en vergelijk ze met de rustsituatie. Voor de kaarten en doorsneden gelden dezelfde voorwaarden als voor stijghoogtekaarten, wat duidelijkheid van situering, schaal en symbolen betreft.

4.5.8 Bespreking resultaten, kalibratie en validatie

Geef een grondige evaluatie van de bekomen resultaten en bespreek deze. De kalibratie en/of validatie van het model moeten uitvoerig besproken worden, alsmede de gebruikte

methode en programma's. Een volledig overzicht van de beschikbare meetgegevens moet bijgeleverd worden. Hierin moeten alle nodige parameters vermeld worden (b.v. exacte ligging d.m.v. coördinaten, grondwaterstijghoogte,...)

4.6 Gesloten systemen

4.6.1 Algemeen

Een technisch verslag kan verschillen van sector, toepassing, systeemgrootte, ed. Om de administratie te beperken en om de marktintroductie van geotechnische technieken zo min mogelijk te belemmeren, stellen we voor de **residentiele toepassingen** een technisch verslag te gebruiken met beperkte input van de gebruikers. Dit is van toepassing voor de technieken TECH-3 (horizontale systemen), TECH-5 (verticale systemen) en TECH-7 (grondbuizen). Andere technieken zijn niet van toepassing in de residentiele sector. Ook wordt voor de residentiele toepassingen geen uitgebreid studiewerk gevraagd naar de geohydrologische eigenschappen van de bodem, thermische response test, ed. .

Voor de **tertiaire toepassingen** stellen we voor om een gedetailleerd technisch verslag te eisen vermits deze installaties complexer zijn en de kans op milieueffecten groter zijn. Een verder onderscheid in systeemgrootte wordt niet voorgesteld vermits zowel bij de kleinere als grotere tertiaire systemen het geo(hydro)logisch onderzoek vrij gelijklopend is en dus veel overeenkomsten heeft.

In bijlage 3 worden voorbeelddocumenten van technische verslagen weergegeven voor de verschillende geotechnieken. Deze technische verslagen hebben geenszins de bedoeling om alle details van de installatie op te vragen vermits op het tijdstip van milieuvergunningaanvraag heel wat zaken niet gekend of bekend zijn. Vaak wordt het gebouwconcept in een later stadia van het proces gewijzigd of aangepast.

Het technisch verslag bevat in grote lijnen volgende zaken :

- Algemene gegevens van de aanvrager waaronder adres, gemeente, kadastrale gegevens, ed. en locatie van het geothermische systeem
- Korte beschrijving van de woning, appartement of gebouw
- Een schema met een inplanting van het geothermische systeem en de woning of appartement + enkele foto's van de locatie vanuit verschillende invalshoeken
- Gegevens betreffende het geothermische systeem
- Specificaties van de gebruikte warmtepomp (vermogen , gebruikt koelmiddel, ed.)
- Andere specifieke gegevens van de geothermische installatie (gebruik voor koeling)

4.6.2 Haalbaarheidsonderzoek

Voor het beperken van de milieueffecten is het raadzaam om voor de tertiaire en industriële toepassingen (oa. kantoren, appartementen, ziekenhuizen, scholen, rusthuizen, ...) een haalbaarheidsonderzoek uit te voeren. Dit kan uitgevoerd worden door studie bureaus met kennis van geothermische toepassingen en integratie in HVAC installaties. Voor de residentiele toepassingen wordt geen dergelijk haalbaarheidsonderzoek nodig geacht.

In een haalbaarheidsonderzoek worden best volgende zaken opgenomen:

- een (geo)hydrologisch onderzoek
- een conceptuele analyse
- een kosten-baten analyse

Voor het **(geo) hydrologisch onderzoek** kan een beroep gedaan worden op de geotechnische kaarten van Brussel, op de VITO kansenskaarten KWO en BEO [6] en op ervaringsgegevens bij studiebureaus. Op deze kaarten kan via een eerste indicatie onderzocht worden of een geothermische installatie mogelijk is of niet.

Gegevens van een bodemonderzoek op locatie moeten zijn vastgelegd. Aan de hand van het bodemonderzoek moeten ten minste zijn vastgesteld:

- Aanwezigheid van watervoerende lagen
- Bodemopbouw incl. boorbeschrijving
- Aanwezigheid en mate van bodemverontreiniging
- Kans op verspreiding van bodemverontreiniging na inwerkingstellen van het systeem

Voor de **conceptuele analyse** is de bepaling van de warmte en koudebehoefte van het gebouw een belangrijk aandachtspunt. Hier wordt aangeraden om via gebouwsimulatieprogramma's de nodige uurlijkse berekeningen te maken. Voor de dimensionering van de verticale bodemwarmtewisselaars kan gebruik gemaakt worden van volgende simulatiepakketten: EED, HST3D, TRNSYS, ed. In deze modellen kan een ontwerp van een gesloten systeem uitgevoerd worden en kunnen de verschillende parameters wisselaarlengthe, afstand tussen wisselaars, schakeling wisselaars, type afvulmateriaal, ed. gevarieerd worden om tot een optimaal ontwerp per locatie en type gebouw te komen. In deze fase dient ook de integratie van het geothermische systeem in de HVAC installatie geanalyseerd te worden.

Bij het ontwerp dient het verloop van de onttrekkingtemperaturen uit de bronnen berekend te worden. Aangetoond moet worden dat de berekende temperaturen passen binnen het gehele systeemconcept, en er geen risico is van kortsluiting, mat de minimale afstand tussen de bodemwarmtewisselaars moet zijn.

In de **kosten-baten analyse** dient de geothermische installatie te worden vergeleken met een referentie-installatie bestaande uit de klassieke warmte- en koudeopwekkers. De investeringskosten, onderhoudskosten en energiekosten dienen berekend te worden. Er wordt aangeraden om deze economische berekeningen over de levensduur van de installatie (bijv. over een periode van 30 jaar) uit te voeren en hierbij de verandering van inflatie, energiekost, ed. mee op te nemen.

Het realiseren van een geothermische installatie is enkel mogelijk mits een goede dimensionering, ontwerp en plaatsing. Het gebruik van vuistregels of specifieke kengetallen wordt afgeraden bijv. 30 W/m onttrekkingvermogen voor matig geleidende

bodems, ed. wordt sterk afgeraden. Zeker voor grote toepassingen. Op residentieel niveau speelt dit een mindere rol.

4.6.3 Thermische respons test

Een van de belangrijkste zaken bij het ontwerp van een gesloten geothermisch systeem is de bepaling van de in-situ thermische bodemkarakteristieken. Deze zijn noodzakelijk voor een goed en correct ontwerp met het oog op een zo min mogelijk uitputting of verontreiniging van de bodem. Door het inbrengen van een proefwisselaar (die achteraf gebruikt wordt bij de realisatie van het totale project) en het injecteren van warmte gedurende een aantal uren kan uit de temperatuursrespons de geleidbaarheid en boorgatweerstand bepaald worden [9] [10] [11]. Deze testmethode is enkel van toepassing voor de geothermische technieken TECH-4 tot en met TECH-6.

Bijlage 4 geeft een beschrijving van het doel, de uitvoeringswijze, de meetmethode, de berekeningsformules en een resultaat voor een thermische respons test.

- *Wanneer is een thermische respons test (TRT) noodzakelijk?*

Voor de **residentiele toepassingen** adviseren we om geen TRT te verplichten vermits de kostprijs van een dergelijke test te hoog is in verhouding tot de totale investeringskost van de installatie. Dergelijke installaties worden doorgaans berekend met een aantal vuistregels en zijn ook minder kritisch. Dit wil echter niet zeggen dat er geen kans bestaat op het optreden van milieueffecten. Deze dienen ten allen tijden vermeden te worden. We verwijzen hier graag naar de code van goede praktijk van ODE [7] voor de berekeningsformules in residentiele toepassingen.

Bij **tertiaire toepassingen** adviseren we om TRT te verplichten onafhankelijk van de systeemgrootte en kennis van de bodemopbouw. Dergelijke testen zijn enkel van toepassing bij de technieken TECH-4, TECH-5 en TECH-6. De uitvoering van de TRT kan best gebeuren nadat een haalbaarheidsstudie is uitgevoerd vermits dan de opdrachtgever zijn goedkeuring over de implementatie van de installatie heeft gegeven. Vaak wordt in de aanneming de uitvoering van een TRT opgenomen zodat bij de aanvraag van een milieuvergunning hierover nog geen gegevens beschikbaar zijn. Deze werkwijze dient vermeden te worden vermits de dimensionering van dergelijke systemen moeilijker is en de meerwerken van de aanneming soms niet gering zijn.

- *Welke uitvoeringswijze en interpretatiemethode van de resultaten van de thermische respons test?*

Vaak wordt gebruik gemaakt van enkel een warmtepuls in de bodem voor de bepaling van de thermische bodemkarakteristieken. Men kan ook werken met een warmte en koude puls of een combinatie van deze. Op internationaal gebied is er slechts één partij die dergelijke cycli aanbiedt en de meeste andere maken enkel gebruik van warmte-injectie. Er bestaan ook meetmethoden om met de waterstroom meevloeiende sensoren druk en

temperatuur om de 7 à 8 seconden op te meten. Op basis van deze gegevens kan de geleidbaarheid over de gehele bodemluslengte bepaald worden. Er hoeft dan geen meetwagen ter plaatse te komen en de uitvoering is een pak eenvoudiger.

Voor het verwerken van de meetgegevens wordt in de meeste gevallen gebruik gemaakt van de lijnbrontheorie (zie bijlage 4).

Grosso modo bestaan de werkzaamheden voor een TRT uit 3 deelaspecten:

- het plaatsen van de bodemwarmtewisselaar
- het uitvoeren van de eigenlijke TRT-meting
- de rapportering

- *Proefboring en installatie bodemwarmtewisselaar*

Ter hoogte van de inplanting van het toekomstige BEO-veld plaatst men een proefboring op een diepte van **~80 à 150 m**. Deze boring wordt uitgevoerd volgens de regels van goed vakmanschap door een boorfirma en dit met een spoelboring of zuigboring. De boormachine wordt verticaal opgesteld. De boorwagen wordt verbonden met het waterleidingsnet en met een afvoer. De diameter van de boor bedraagt **~150 à 180 mm**. Op de boorwagen worden de boorcuttings met een ontzandinginstallatie gescheiden van het boorwater. De zandfractie en de kleifracie worden op hun beurt gescheiden opgevangen in big bags en afgevoerd door de boorfirma. Als de boring van diepte is, wordt een polyethyleen warmtewisselaar in het boorgat aangebracht. Onderaan wordt de wisselaar verzaaid met een metalen element. De wisselaar wordt met zuiver water gevuld en ingebracht, tezamen met een vulleiding die tot aan de bodem van het boorgat afgerold wordt. De duur van de boring kan sterk afwijken door de lokale geologie (oa. door steenlagen, ed.).

Als de wisselaar tezamen met de vulleiding tot op de bodem van het boorgat aangebracht is, wordt onmiddellijk het boorgat gevuld met een thermische grout die speciaal voor deze toepassing ontworpen is. Deze grout is voldoende afdichtend om vermenging van grondwater uit verschillende watervoerende lagen te voorkomen en kent daarenboven goede warmtegeleidende eigenschappen. De vulling van het boorgat gebeurt steeds van onderaf. Tijdens het vullen wordt de injectieleiding geleidelijk aan opgetrokken, maar wordt ten alle tijden voor gezorgd dat de opening van de injectieleiding zich onder het niveau van het groutmengsel bevindt. Deze procedure wordt gevolgd om luchtkamers in de boorgatvulling te voorkomen en kan gerealiseerd worden door de maataanduidingen die op de haspel van de vulleiding aangebracht zijn. Als het boorgat tot maaiveld gevuld is met de grout, wordt de vulleiding volledig opgetrokken en is de proefboring afgerond.

Het maken van een boring en het inbrengen en afvullen van de wisselaar maken dat de ondergrond ter plaatse thermisch “verontreinigd” is. Voor de uitvoering van de TRT-meting is het noodzakelijk dat de bodem terug in evenwicht is, terug de natuurlijke bodemtemperatuur aanneemt. Dit vraagt een wachttijd van een 20-tal dagen vooraleer de eigenlijke TRT-meting uitgevoerd kan worden.

○ *TRT-meting*

De thermische responstesten worden uitgevoerd met behulp van een meetwagen. Hierbij is alle apparatuur in een gesloten aanhangwagen (2 x 4 m) gemonteerd om metingen in-situ te kunnen uitvoeren. Hierin is alle apparatuur ondergebracht, bestaande uit een warmte-injectievoorziening (elektrische weerstand) en een hydraulisch circuit met volledige regelkring en datalogging. Deze meetwagen dient aan het elektriciteitsnet gekoppeld te worden. De nodige beveiligingen zijn aangebracht in de meetaanhangwagen opdat bij storingen het systeem op een veilige manier wordt uitgeschakeld. Het is absoluut noodzakelijk dat de elektriciteitsvoorziening voor de meetwagen gedurende de volledige duur van de test niet wegvalt.

De uitvoering van de test dient continu en minimaal 40 uur te verlopen. Tijdens die meetperiode blijft de pomp aan een constant debiet circuleren en ook het verwarmingsvermogen blijft ingeschakeld. Door het toevoeren van een constant vermogen aan een vast debiet zal een constant temperatuurverschil tussen de vertrek- en retourleiding gerealiseerd worden. Analyse van de meetgegevens uit deze TRT-meting laten toe om daaruit de thermische bodemkarakteristieken af te leiden, die zo cruciaal zijn voor het ontwerp van een BEO-veld.

○ *Rapportering*

Na uitvoering van de TRT-meting wordt een rapport opgemaakt met de volgende aspecten:

- een algemene geologische en geohydrologische karakterisatie van de locatie op basis van de boorinfo en literatuurgegevens
- een beschrijving van het boorgat (uitvoering bodemwarmtewisselaar, diepte, grouting materiaal, ed.)
- een bepaling van de temperatuurrespons als functie van vermogen en tijd
- een bepaling van de ongestoorde bodemtemperatuur
- een bepaling van de warmtegeleidingscoëfficiënt (in W/m.K)
- een bepaling van de boorgatweerstand (in K/(W/m))

➤ *Welke informatie uit thermische respons tests moet in technisch verslag beschreven worden?*

In het technisch verslag wordt gevraagd of een TRT ingepland wordt of reeds is uitgevoerd. Indien uitgevoerd is dienen de gegevens betreffende de geleidbaarheid, de boorgatweerstand, de gebruikte bodemwisselaar, de einddiepte, ed. vermeld te worden. In principe dienen alle gegevens uit de rapporteringfase beschikbaar te zijn. Dit laat toe om bij aanbesteding van de geothermische installatie aan iedereen de nodige gegevens te kunnen overmaken om een realistische prijsinschatting te maken.

Indien bij aanvraag nog geen TRT werd uitgevoerd dient beschreven te worden of deze ingepland is in het bouwproces en op welk tijdstip dit gaat uitgevoerd worden.

- *In welke omstandigheden kan men aanvaarden dat de thermische respons test geen deel uitmaakt van het technisch verslag maar wel na het verkrijgen van de milieuvergunning kan uitgevoerd worden?*

In vele gevallen zal de uitvoering van een TRT gepland worden tijdens de aanneming van de bouwwerken (en niet in tijdens het ontwerpproces) en zal deze dus niet op voorhand uitgevoerd worden tijdens de milieuvergunningsaanvraag. Er zal dan geen informatie in het technisch verslag kunnen opgenomen worden over de TRT resultaten, aangeboorde grondlagen, ed. en een vaststaande dimensionering van een geothermische installatie kan men dus ook niet maken. Men zal dus tijdens het ontwerpen van de installatie beroep moeten doen op vuistregels of literatuurgegevens qua geleidbaarheid, type aanvulmateriaal, ed. Vaak beschikken boorfirma's en gespecialiseerde bedrijven over dergelijke cijfers. Dit kan in een aantal gevallen tot gevaarlijke situaties leiden indien het concept van de installatie niet vaststaat bij de aanvraag en allerlei wijzigingen de kans op het ontstaan van milieueffecten alleen maar groter maken.

Indien de thermische response test wordt ingepland in het bouwproces kan het toegelaten zijn om het technische verslag in te dienen zonder dat de resultaten van de TRT bekend zijn. Een TRT is dan niet een noodzakelijke eis van volledigheidverklaring en mag dus later afgeleverd worden.

We kunnen alleen maar aanmoedigen dat bij overweging voor een geothermische installatie er voldoende aandacht wordt geschonken aan het ontwerp en dit proces reeds in een vroeg stadium op te nemen.

4.6.4 Invulling technisch verslagen

De technische verslagen kunnen ingevuld worden door studie bureaus met specialisaties in energietechniek, bouwkunde, gebouwsimulatie, ed. Er is geen specifieke voorkennis nodig. De technische verslagen voor de residentiële toepassingen kunnen ingevuld worden door de eigenaar van de installatie zelf of met behulp van de installateur.

Voor de invulling van de technische verslagen is het vooreerst noodzakelijk dat ten minste een dynamische simulatie van het gebouw (bepaling van warmte en koudevraag) en de bodem (simulatie van prestaties bodemwarmtewisselaars) zijn uitgevoerd bij de tertiaire toepassingen.

Voor de bepaling van de warmte- en koudevraag van een gebouw kan beroep gedaan worden op vuistregels van specifieke warmte- en koude verbruiken of kunnen gebouwsimulatieprogramma's worden gebruikt zoals TRNSYS, Design builder, Energy plus, ed. Kostprijzen variëren van 1.000 tot 5.000 Euro en meer per simulatiemodel. Deze modellen kunnen enkel gebruikt worden in tertiaire en industriële toepassingen, voor de

residentiele zijn vuistregels meer dan voldoende. De aanvrager dient bij zijn technisch verslag de nodige documenten bij te voegen en het gebruikte model te vermelden. De meeste studiebureaus beschikken over kennis van dergelijke gebouwsimulatiemodellen.

Kennis van bodemmodellen zoals EED, HST3D, GLHP, ed. is slechts bij mondjesmaat beschikbaar en enkel door gespecialiseerde bedrijven voldoende gekend. De kostprijzen van dergelijke softwaremodellen starten bij een 500 Euro en meer. De aanvrager dient bij zijn technisch verslag de nodige documenten bij te voegen en het gebruikte model te vermelden.

De thermische invloed van geothermische systemen op de bodem wordt enkel bij tertiaire toepassingen gevraagd onafhankelijk van systeemgrootte en vermogen. Met behulp van bovenvermelde software is het mogelijk dat een eenvoudige berekening wordt gemaakt van de thermische invloed.

5 TAAK 4: REMEDIERENDE EN MILDERENDE MAATREGELEN

5.1 Inleiding

Taak 4 beschrijft in detail voor de geotechnieken (TECH-1 tot en met TECH-7) de remediërende en milderende maatregelen om de milieueffecten uit taak 2 te verminderen of te vermijden. De maatregelen worden vervolgens onderworpen aan een kritische analyse naar effectiviteit, meerkosten, invloed op energetisch rendement, ed.

Aan het eind van deze paragraaf worden samenvattende tabellen per geotechniek en per milieueffect weergegeven met remediërende en milderende maatregelen.

5.2 Maatregelen voor open systemen

In de onderstaande tabel worden de mogelijke milieueffecten die van toepassing zijn op techniek 1 en 2 weergegeven.

Tabel 28: Milieueffecten voor open systemen (TECH-1 en 2)

ID Milieueffect	Omschrijving
1	Aantrekken en verplaatsen van verontreiniging
2	Lekken van milieuvreemde stoffen naar de bodem – vloeistoffen tot en met categorie 3 volgens NBN EN 1717
3	Lekken van milieuvreemde stoffen naar de bodem – vloeistoffen tot categorie 4 volgens NBN EN 1717
4	Beïnvloeding van bestaande grondwaterwinningen
5	Beïnvloeding van bestaande geothermische systemen
6	Beïnvloeding van het grondwaterpeil ter hoogte van het maaiveld en ter hoogte van bouwkundige werken
7	Zettingen tengevolge van een verlaagd grondwaterpeil
8	Invloed op de vegetatie
9	Thermische beïnvloeding van de diepe ondergrond
10	Infiltratie door deklagen langs de boorgaten

In de onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van de verschillende remediërende maatregelen die van toepassing zijn op techniek 1 en 2.

Tabel 29: Remediërende en milderende maatregelen voor open systemen (TECH-1 en 2)

ID Maatregel	Omschrijving
1	Saneren van de verontreiniging
2	Beperken van het seizoenmatig onttrekkingvolume
3	Volumetrisch evenwicht behouden
4	Warmtewisselaar met enkelvoudige platen
5	Warmtewisselaar met dubbele platen
6	Lekdetectie in het secundair circuit – drukmeting
7	Lekdetectie in het primair circuit – drukmeting
8	Verbod op additieven in het secundair circuit
9	Behoud van overdruk in het grondwatercircuit in rusttoestand
10	Beperken van de maximale grondwaterwijziging
11	Energetisch evenwicht behouden
12	Boorgaten correct aanvullen en afdichten

De onderstaande tabel geeft de relatie aan tussen de verschillende remediërende maatregelen en de milieueffecten.

Tabel 30: Relatie milieueffect en maatregel voor open systemen (TECH-1 en 2)

		Milderende Maatregel											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Milieueffect	1	x	x	x									
	2				x		x	x	x	x			
	3					x							
	4										x		
	5											x	
	6										x		
	7										x		
	8										x		
	9			x								x	
	10												x

5.2.1 Saneren van de verontreiniging

Indien zich ter hoogte van de site en ter hoogte van de boorlocaties verontreinigingen bevinden dan dienen deze verwijderd te worden. Indien zich ter hoogte van de site verontreinigingen bevinden ter hoogte van de watervoerende laag waarin de techniek wordt toegepast dan dient deze verontreiniging te worden verwijderd vooraleer de techniek mag worden toegepast.

5.2.2 Beperken van het seizoenmatig onttrekkingvolume

De mobiele grondwaterverontreiniging bevindt zich in de watervoerende laag waarin de opslag wordt aangelegd.

De grondwaterverontreiniging zal zich tengevolge van de opslag verplaatsen. Door het per seizoen verplaatste volume te begrenzen kan ook de verplaatsing van de verontreiniging tengevolge van de opslag worden beperkt.

Het uitgangspunt is dat de verontreiniging slechts met 1 m per seizoen verplaatst mag worden.

Bij gebrek aan een numerieke simulatie kan men terugvallen op de theoretische formule zoals beschreven in TAAK 2.

5.2.3 Waarborgen van het volumetrische evenwicht van de opslag

De mobiele grondwaterverontreiniging bevindt zich in de watervoerende laag waarin de opslag wordt aangelegd.

De grondwaterverontreiniging kan zich tengevolge van de opslag verplaatsen. De uitbater waarborgt dat er (verwarmen/koelen) over een periode van 3 jaar gelijke volumes verplaatst worden van de koude bronnen naar de warme bronnen en omgekeerd.

De netto verplaatsing op grote afstand van de site verwaarloosbaar wordt hierdoor verwaarloosbaar.

5.2.4 Enkelwandige scheiding tussen het grondwater- en procescircuit

Rechtstreeks contact tussen het procesfluidum en het grondwater is uitgesloten. Het contactoppervlak tussen het proces en het grondwater wordt tot een minimum herleid. De leidingen waarin grondwater wordt vervoerd hebben een tracé dat vanuit praktisch oogpunt zo kort als mogelijk is en ze gaan rechtstreeks naar de ruimte waarin een compacte warmtewisselaar is opgesteld. Op deze warmtewisselaar worden de hoofdleidingen van het secundair circuit aangesloten.

Elke warmteoverdracht tussen het procesfluidum en het grondwater dient te gebeuren door middel van een gecentraliseerde warmtewisselaar die bestaat uit een roestvrijstalen wand met een minimale dikte van 0,4 mm.

5.2.5 Dubbelwandige scheiding tussen het grondwater- en procescircuit

Rechtstreeks contact tussen het procesfluidum en het grondwater is uitgesloten. Het contactoppervlak tussen het proces en het grondwater wordt tot een minimum herleid. De leidingen waarin grondwater wordt vervoerd hebben een tracé dat vanuit praktisch

oogpunt zo kort als mogelijk is en ze gaan rechtstreeks naar de ruimte waarin een compacte warmtewisselaar is opgesteld. Op deze warmtewisselaar worden de hoofdleidingen van het secundair circuit aangesloten.

Elke warmteoverdracht tussen het procesfluidum en het grondwater dient te gebeuren door middel van een gecentraliseerde warmtewisselaar. In deze warmtewisselaar bestaat de scheiding tussen het primair en het secundair circuit uit twee roestvrijstalen wanden die elk een minimale dikte van 0,4 mm hebben. De ruimte tussen beide platen is minimaal en staat in contact met de atmosfeer.

De warmtewisselaar wordt voorzien van een lekbak. Lekken zijn visueel detecteerbaar.

5.2.6 Lekdetectie/ drukmeting en registratie in het secundair circuit

Het secundair circuit is uitgerust met een drukopnemer.

Bij een te lage druk in het secundair systeem wordt het grondwatersysteem automatisch uitgeschakeld. De lek wordt opgespoord en gedicht. Vervolgens kan het secundair systeem terug op druk worden gebracht en kan het grondwatersysteem terug worden opgestart.

De drukken van het secundair systeem worden elk uur weggeschreven in de logging van het grondwatersysteem.

5.2.7 Lekdetectie/drukmeting en registratie in het primair circuit

Het grondwatercircuit (primair circuit) is uitgerust met een drukopnemer.

Bij een te lage druk in het primair circuit wordt het grondwatersysteem automatisch uitgeschakeld. De lek wordt opgespoord en gedicht. Vervolgens kan het primair circuit terug op druk worden gebracht en kan het grondwatersysteem terug worden opgestart.

De drukken van het primair circuit worden elk uur weggeschreven in de logging van het grondwatersysteem.

5.2.8 Verbod op additieven in het secundair circuit

Het secundair circuit mag enkel gevuld worden met drinkbaar water.

5.2.9 Overdrukbehoud van het grondwatercircuit

In de regeling van het primair circuit wordt een automatische procedure voorzien die ervoor zorgt dat de druk in het grondwatercircuit tijdens rustsituaties van het grondwatersysteem hoger blijft dan de druk in het secundair circuit.

5.2.10 Beperken van de maximale grondwaterwijziging

De absolute wijziging van het grondwaterpeil in de bronnen wordt beperkt tot een grenswaarde die wordt afgeleid op basis van de beperking van de maximale toegestane waarde van het te begrenzen milieueffect.

Met betrekking tot bestaande grondwaterwinningen dient de grondwaterverlaging dermate te zijn dat er geen negatieve impact mag uit voortvloeien op het onttrekkingdebiet van deze winningen.

Met betrekking tot vernatting ter hoogte van het maaiveld geldt dat indien het grondwaterpeil zich lager bevindt dan 1 m-MV, het maximale grondwaterpeil beperkt dient te worden tot 1 m-MV. Bij hogere grondwaterstanden is een verhoging in principe niet wenselijk doch zal zij steeds het voorwerp vormen van een onderhandeling.

Met betrekking tot het waterpeil ter hoogte van bestaande openbare werken zal het grondwaterpeil beperkt worden tot waarden die in overleg met de betrokken diensten worden bekomen.

Met betrekking tot zettinggevoelige gronden wordt de grondwaterverlaging beperkt tot een waarde waarbij de theoretisch berekende zettingen, zoals begroot met de formule van Terzaghi en berekend op basis van de meest kritische sonderingen, maximaal 2 cm bedragen.

5.2.11 Waarborgen van het energetisch evenwicht

Om te vermijden dat er op lange termijn een belangrijke temperatuursafwijking ontstaat ter hoogte van en rondom de site ziet de uitbater erop toe dat de hoeveelheid onttrokken energie aan de ondergrond gelijk is aan de hoeveelheid aan de ondergrond afgegeven energie. Het evenwicht wordt geëvalueerd over een periode van 3 jaar.

5.2.12 Correct aanvullen en afdichten van de boorgaten

Om te vermijden dat er een grondwaterstroming ontstaat door bestaande afdichtende lagen dienen de boorgaten afgedicht te worden met waterdichte producten van voldoende kwaliteit. De aanvulling dient zorgvuldig te gebeuren. In geval van een afdichting met cement bentoniet mengsels gebeurt de afdichting van onderuit. In geval van aanvulling met zwellende kleipelletts gebeurt de aanvulling met behulp van een stortkoker. Bovendien wordt de hoeveelheid gebruikte aanvulspecie voor elke boring genoteerd op het boorverslag.

5.3 Maatregelen voor gesloten systemen

In taak 2 zijn voor gesloten systemen (TECH-3 tot en met TECH-7) volgende 8 milieueffecten beschreven (zie Tabel 31).

Tabel 31: Milieueffecten voor gesloten systemen (TECH-3 tem 7)

ID Milieueffect	Omschrijving
ME10	Type en massa ingebracht materiaal (kunststof) kg PE per MWht
ME11	Achterblijvend materiaal in de bodem (kunststof) kg PE per MWht
ME12	Achterblijvend materiaal in de bodem (grouting) kg aanvul per MWht
ME13	Volume glycol dat naar de bodem lekt ml per MWht
ME14	Percentage extra infiltratie langs lekkende boorgaten (boren) %
ME15	Percentage extra infiltratie langs lekkende boorgaten (drukken) %
ME16	Gebied met $dT=2K$ halverwege de bww na 20 jaar m^2 per MWht
ME17	Gebied met $dT=1K$ op 0,5 mmv na 20 jaar m^2 per MWht

5.3.1 Energetische balans

Zowel bij grondwatersystemen als bij bodemwisselaars heeft een energetische balans van de installatie een invloed op het aantal benodigde lussen, de investeringskosten en de milieueffecten rond thermische invloedsgebied. Indien jaar in jaar uit dezelfde hoeveelheid warmte (of koude) aan de bodem wordt onttrokken (en niet terug geregenereerd wordt), zal de temperatuur over een tijdspanne van een aantal jaren sterk dalen (stijgen) en mogelijks tot bevriezing (opwarming) leiden. Het terug in de bodem brengen van warmte of het onttrekken van koude aan de bodem is voor de grotere systemen een bijzonder belangrijk aandachtspunt. Hiervoor dient bij het ontwerp rekening te worden gehouden en de installatie dient zowel warmte als koude te leveren. Een systeem dat enkel warmte of koude levert is moeilijker controleerbaar en vraagt de noodzaak van extra investeringen in bijv. een koeltoren om de bodem te regenereren of via thermische zonnepanelen. Het in evenwicht brengen van de energiebalans (onttrokken/geinjecteerde energie) is een maatregel die de bodem zal sparen van bevriezing of uitputting. Men kan eisen dat een jaarlijkse energiebalans wordt opgesteld waaruit eventueel extra maatregelen door de overheid kunnen opgelegd worden.

5.3.2 Eisen aan maximaal vermogen stellen

Hoe hoger het te onttrekken vermogen per meter boorgat lengte, hoe sneller dat de temperatuur in het boorgat zal dalen. Er zal dus minder bevriezing optreden indien het vermogen per meter boorgat lengte lager is. Deze maatregel kan ook verschillen naarmate de bodemstructuur zodat bijvoorbeeld een strenge eis naar maximaal te onttrekken vermogen in zeer geschikte gebieden de economische haalbaarheid zou kunnen schaden. In andere gebieden zou dan te vlug bevriezing optreden.

We adviseren voor deze maatregel sterk het gebruik van aangepaste simulatieprogramma's rond bodem en gebouw. De dimensionering van een geothermische installatie wordt best niet op de pieklast gedimensioneerd.

5.3.3 Eisen naar gebruikte fluidum

Voor de milieuexploitatievoorwaarden dienen eisen gesteld te worden aan het gebruik van het fluidum.

De bodemwarmtewisselaars worden na het schoonspoelen en het uitvoeren van testen afgevuld met een circulatiemedium bestaande uit monopropyleenglycol of (indien de toepassing het toelaat) water. Andere soorten antivriesmengsels worden niet toegelaten. Er moet steeds bijgevuld worden met eenzelfde antivriesmiddel (zelfde type en volumepercentage). Via een mengvat wordt het circulatiemedium gemengd en aan de bodemwarmtewisselaars toegevoerd.

Bij voorkeur worden de componenten in een mengvat gemengd en in het systeem geïntroduceerd. Anderzijds kan het ge-inhibeerde glycol aan de bodemwarmtewisselaar toegevoegd worden terwijl het water gecirculeerd wordt over een mengvat. Het vullen van het met water gevuld wisselaarsysteem voldoet niet aangezien onvoldoende menging optreedt. Het systeem wordt ontluicht na afvullen. Afhankelijk van de inhoud van het systeem kan het nodig zijn ontluichting na enige tijd te herhalen. De aannemer voorziet ten allen tijde dat bij het vullen van de bodemwarmtewisselaars lekken naar de omgeving tot het uiterste minimum zijn herleid en voorziet erin dat zijn medewerkers de nodige veiligheidsvoorschriften met het gebruik van dit product kennen en kunnen toepassen.

Voor verticale bodemwarmtewisselaars wordt de mediumtemperatuur niet lager dan 0°C (winter) en maximaal 25°C (zomer) tijdens actieve koeling gedimensioneerd.

5.3.4 Boorgat adequaat afdichten of grouten

Voor de milieuexploitatievoorwaarden dienen tevens eisen gesteld te worden naar het adequaat afdichten of grouten van het boorgat en om milieueffecten te vermijden. Voor de uitvoering van boringen worden volgende eisen gesteld:

- Voor het uitvoeren van boringen kan aan de aannemer een lijst met vergelijkbare referenties worden opgevraagd om te checken of geothermische kennis aanwezig is;
- De techniek van spoelboren of zuig/lichtboren is aan te bevelen;
- Bij het boren van verticale bodemwarmtewisselaars zijn gangbare diameters 0,15 – 0,18 m.

De afvulling van het boorgat of grouten is cruciaal om een optimaal warmtetransport te bekomen, vandaar dat dit zo adequaat mogelijk dient te gebeuren. De bodemwarmtewisselaar in het boorgat dient over de gehele diepte en van onderuit te worden afgevuld en afgedicht met schoon vulmateriaal. Dit vulmateriaal bestaat uit een

verbeterde thermische grout (Thermal Enhanced Grout) of door een mengsel van bentoniet/zand/water en cement. Voor betere thermische eigenschappen wordt zand aan het bentoniet mengsel toegevoegd. De afvulling gebeurt via een vulleiding onder overdruk van onder naar boven, waarbij de vulopening steeds onder het niveau van het vulmateriaal in het boorgat blijft. Naargelang het niveau van het vulmateriaal in het boorgat stijgt, mag de vulleiding mee opgetrokken worden.

Het boren van geothermische systemen dient met een gepaste diameter te geschieden om te vermijden dat de bodemwisselaar niet in het boorgat kan aangebracht worden.

Wanneer waterscheidende lagen doorboord worden dient de waterscheidende werking van die lagen hersteld te worden door een voldoende afdichtend materiaal. Dit is noodzakelijk om menging van verschillende waterkwaliteiten te voorkomen.

5.3.5 Eisen aan gebruikte materialen

Voor de milieuexploitatievoorwaarden dienen eisen gesteld te worden aan het gebruik van het materiaal en om milieueffecten te vermijden. Dit betreft oa. het gebruik van nieuw materiaal met aangepaste drukklasse, specificaties, ed., het gebruik van geprefabriceerde polyethyleen leidingen, het gebruik van zelfde materiaal voor bochten, T-stukken, ed. en het voorleggen van een technisch dossier van de geothermische installatie met de specificaties van de installaties het zogenaamde as-built dossier.

5.4 Kritische analyse maatregelen

5.4.1 Open systemen

In Tabel 32 worden de remediërende maatregelen beoordeeld op een aantal maatregelen. De symbolen die in de tabel gebruikt worden, worden hieronder kort beschreven.

De meerkosten zijn afhankelijk van de situatie van het perceel. Indien er reeds een saneringsplicht is dan zijn de meerkosten onbestaande. Indien echter de sanering of de imperking van de verontreiniging volgt uit de toepassing van de geothermische techniek zelf dan is de invloed op de kostprijs duidelijk negatief. Indien er omwille van technische redenen niet voldoende gesaneerd kan worden (bvb. boven de Bodemsaneringsnorm) dan kan dit aanleiding geven tot het niet uitvoerbaar zijn van de geothermische techniek.

Het kan gebeuren dat de sanering niet mogelijk is omwille van de aanwezigheid van bestaande gebouwen. In dat geval zal de verspreiding van de verontreiniging tegen gegaan moeten worden door het immobiliseren van de verontreiniging of dat er niet voldoende gesaneerd kan worden omwille van technische redenen.

- V) Vergelijkbare situatie in Nederland en Vlaanderen
- +) positieve invloed (verbetering, kostenverlaging, ...)
-) negatieve invloed (verslechtering, kostenverhoging, ...)

5.4.2 Gesloten systemen

Tabel 33 toont de kritische analyse van de verschillende remediërende en milderende maatregelen. De beoordeling per maatregel wordt gedaan aan de hand van het toekennen van een prestatiescore:

- +: groot
- 0 : redelijk
- - : gering

De maatregelen worden vervolgens beoordeeld naar de volgende aspecten:

- Effectiviteit milieu-impact : reductie van de negatieve milieu-impact
- Meerkosten van de maatregel
- Rendement : invloed van maatregel op rendement en bedrijfsvoering
- Economische haalbaarheid
- Technische hinderpalen
- Huidige situatie : situatie in andere landen
- Negatieve invloeden : invloed op andere milieuaspecten

Tabel 32: Kritische analyse maatregelen voor open systemen

	Effectiviteit van de reductie van de negatieve milieu impact	Meerkosten van de maatregel	Invloed van de maatregel op het energetisch rendement en de bedrijfsvoering van het systeem	Impact op de economische haalbaarheid van het hydrothermisch systeem	Technische en praktische hinderpalen ter uitvoering van de maatregel	Actuele situatie in andere Europese regio's met betrekking tot het inzetten van de maatregel	Negatieve invloeden van de maatregel op andere milieuaspecten
Saneren van de verontreiniging	+++	1)	0	1)	2)	V	0
Beperken van het seizoenmatig onttrekkingsvolume	+++	0	-	-	0	V	0
Volumetrisch evenwicht behouden	+++	0	0	0	0	V	0
Warmtewisselaar met enkelvoudige platen	+	-	0	-	0	V	0
Warmtewisselaar met dubbele platen	+++	--	0	--	0	V	0
Lekdetectie in het secundair circuit – drukmeting	+	0	0	0	0	V	0
Lekdetectie in het primair circuit – drukmeting	+	0	0	0	0	V	0
Verbod op additieven in het secundair circuit	++	+	0	0	0	V	0
Behoud van overdruk in het grondwatercircuit in rusttoestand	++	0	0	0	0	V	0
Beperken van de maximale grondwaterwijziging	+++	0	-	-	0	V	0
Energetisch evenwicht behouden	+++	0	++	0	0	V	0
Boorgaten correct aanvullen en afdichten	+++	0	0	0	0	V	0

Tabel 33: Kritische analyse remediërende en milderende (sub)maatregelen voor gesloten systemen

Maatregelen	Effectiviteit milieu-impact	Meerkosten	Rendement	Economische haalbaarheid	Technische hinderpalen	Huidige situatie	Negatieve invloeden
Energetische balans	+	+/0	+	+/0	+/0	0	-
- Haalbaarheidsonderzoek	0	-	0	-	-	0	-
- Thermische response test	+	+/0	+	+/0	-	0	0
- Monitoringsapparatuur	+	+	+	+	-	0	-
- Nazorg van de installatie	+	0/-	+	0/-	-	0	-
Eisen stellen aan maximaal vermogen	0/-	-	-	-	-	0	-
Eisen naar fluïdum	+	0/-	+/0	0/-	0	+	-
- Geen antivries	+	-	+	-	-	+	-
- Propyleenglycol gebruiken	+	-	+	-	-	+	-
- Ander fluïdum gebruiken	+	-	+	-	0	+	-
- Lekdetectieapparatuur	+	+	-	+	-	+	0
- Periodieke controle van lektheid	0	0	-	0	+	+	0
- Afsluiters per circuit	+/0	+	-	+	-	+	-
- Dubbelwandige warmtewisselaar toepassen	+	+	-	+	-	0	-
Boorgat adequaat grouten	+	+/0	+	+/0	-	+	+
- Thermische response test	+	+	+	+	0/-	+	+
- Eisen grouting materiaal	+	+	+	+	-	+	+
Eisen aan gebruikte materialen	+/0	0	+	0	-	+	0

- +: groot effect; 0 : redelijk effect; - : gering effect

5.5 Samenvatting

Tabel 34 toont een samenvattende tabel van milderende maatregelen per milieueffect en per techniek.

Tabel 35 tot en met Tabel 38 tonen de remediërende en milderende maatregelen per milieueffect en per geothermische techniek. De submaatregelen worden in deze tabellen niet opgelijst vanwege de leesbaarheid.

Tabel 34: Samenvattende tabel milderende maatregelen per milieueffect en techniek

	Milderende Maatregel											
	Saneren van de verontreiniging	Beperken van het onttrekkingsvolume	Behouden van het volumetrisch evenwicht	Warmtewisselaar met enkele platen	Plaatsen warmtewisselaar met dubbel platen	Lekdetectie in secundair circuit	Lekdetectie in primair circuit	Verbod op additieven in het secundair circuit	Behoud van overdruk in het grondwatercircuit	Beperken van de maximale grondwaterstandswijziging	Behouden van het energetisch evenwicht	Boorgaten correct aanvullen en afdichten
Aantrekken en verplaatsen van verontreiniging	x	x	x									
Lekken van milieuvreemde stoffen naar de bodem – vloeistoffen tot en met categorie 3 volgens NBN EN 1717				x		x	x	x	x			
Lekken van milieuvreemde stoffen naar de bodem – vloeistoffen tot categorie 4 volgens NBN EN 1717					x							
Beïnvloeding van bestaande grondwaterwinnings										x		
Beïnvloeding van bestaande geothermische systemen											x	
Beïnvloeding van het grondwaterpeil ter hoogte van het maaiveld en ter hoogte van bouwkundige werken										x		
Zettingen tengevolge van een verlaagd grondwaterpeil										x		
Invloed op de vegetatie										x		
Thermische beïnvloeding van de diepe ondergrond			x								x	
Infiltratie door deklagen langs de boorgaten												x

Tabel 35: Maatregelen voor milieueffecten 10, 11 en 12

Remediërende en milderende maatregelen voor milieueffect 10, 11 en 12: type en massa ingebracht/achterblijvend materiaal					
Maatregelen	TECH-3 (Hor ww)	TECH-4 (BEO)	TECH-5 (Ver ww)	TECH-6 (EP)	TECH-7 (GB)
Energetische balans	-	X	X/-	X	-
Eisen stellen aan maximaal vermogen	-	X	-	-	-
Eisen naar fluidum	X	X	X	X	-
Boorgat adequaat grouten	-	X	X	X	-
Eisen aan gebruikte materialen	X	X	X	X	X

x: maatregel is van toepassing; -: maatregel is niet van toepassing

Tabel 36: Maatregelen voor milieueffect 13

Remediërende en milderende maatregelen voor milieueffect 13: Volume glycol dat naar de bodem lekken					
Maatregelen	TECH-3 (Hor ww)	TECH-4 (BEO)	TECH-5 (Ver ww)	TECH-6 (EP)	TECH-7 (GB)
Energetische balans	-	X	X	X	-
Eisen stellen aan maximaal vermogen	-	X	X	X	-
Eisen naar fluidum	X	X	X	X	-
Boorgat adequaat grouten	-	X	X	X	-
Eisen aan gebruikte materialen	X	X	X	x	-

x: maatregel is van toepassing

-: maatregel is niet van toepassing

Tabel 37: Maatregelen voor milieueffecten 14 en 15

Remediërende en milderende maatregelen voor milieueffect 14 en 15: Percentage extra infiltratie langs lekkende boorgaten					
Maatregelen	TECH-3 (Hor ww)	TECH-4 (BEO)	TECH-5 (Ver ww)	TECH-6 (EP)	TECH-7 (GB)
Energetische balans	-	X	X	X	-
Eisen stellen aan maximaal vermogen	-	X	X	X	-
Eisen naar fluidum	-	X	X	X	-
Boorgat adequaat grouten	-	X	X	X	-
Eisen aan gebruikte materialen	-	x	x	x	-

x: maatregel is van toepassing

-: maatregel is niet van toepassing

Tabel 38: Maatregelen voor milieueffecten 16 en 17

Remediërende en milderende maatregelen voor milieueffect 16 en 17 : Thermische invloedsgebied					
Maatregelen	TECH-3 (Hor ww)	TECH-4 (BEO)	TECH-5 (Ver ww)	TECH-6 (EP)	TECH-7 (GB)
Energetische balans	-	X	X	X	-
Eisen stellen aan maximaal vermogen	-	X	X	X	-
Eisen naar fluidum	-	-	-	-	-
Boorgat adequaat grouten	-	X	X	X	-
Eisen aan gebruikte materialen	-	-	-	-	-

x: maatregel is van toepassing

-: maatregel is niet van toepassing

6 TAAK 5: BESLISSINGSCHEMA

6.1 Inleiding

Taak 5 toont een beslissingsboom die op basis van een aantal keuzes een indicatie geeft of een milieuvergunning voor een geothermisch systeem aanvaard of geweigerd zal worden.

De auteurs wijzen erop dat steeds voor elke geothermische toepassing een goed ontwerp en uitvoering noodzakelijk is en dat er lokaal sterke verschillen kunnen bestaan in de bodemstructuur. Het gebruik van enkel dit beslissingschema zonder de raadpleging van databanken, geotechnische kaarten, kansenskaarten KWO en BEO, uitvoering haalbaarheidsstudie, ed. kan gevaren opleveren en mag het veldwerk niet vervangen of overbodig maken.

6.2 Beslissingsschema voor open opslagsystemen (TECH-1)

Het beslissingsschema is een synthese van de redenering die uitgaande van de beschikbare gegevens (Technisch Verslag) leidt tot een beslissing met betrekking tot het verlenen van een milieuvergunning. Voor de toepassing van open opslagsystemen dient een afweging gemaakt te worden tussen de baten (primaire energiebesparing) en de hinder die aan de installatie gekoppeld is. Hiernaast wordt de technische haalbaarheid van het project onderzocht.

Een milieuvergunning wordt slechts verleend indien aan al de onderstaande eisen voldaan wordt.

Als

((1) Er een vermindering is van het primair energiegebruik =OK)

en

((2) De installatie technisch haalbaar is =OK)

en

((3) Er geen onaanvaardbare invloed is op de omgeving =OK)

dan (milieuvergunning = OK)

6.2.1 Aantoonbare daling van het primair energieverbruik

Om TECH-1 te mogen toepassen dient te worden aangetoond dat door toepassing van Techniek 1 een voldoende reductie van het E-peil met minimaal 20% wordt bekomen ten opzichte van een situatie waarbij de toepassing enkel zou gebruik maken van conventionele technieken (verwarming met fossiele brandstoffen en compressorkoelmachines). Bijlage 6 geeft een beschrijving van de bepaling van de primaire energiebesparing.

Dit wordt vertaald in :

$$\begin{array}{ll} E_p \leq (E_w - 7/24 \cdot E_k) & \text{als } E_w > 4/3 \cdot E_k \\ (5/32 \cdot E_w + 5/6 \cdot E_k) & \text{als } 4/3 \cdot E_k > E_w \end{array}$$

$$\begin{aligned} \text{Met } E_w &= (3.5) \\ E_k &= (3.6) \\ E_p &= (3.4) \end{aligned}$$

E_p omvat het primair energieverbruik ten behoeve van de aandrijving van de warmtepomp/koelmachine en ter aandrijving van de bronpompen. In het geval van een warmtepomp dient enkel de hulpenergie ten behoeve van de verdamper (circulatiepomp) in rekening te worden gebracht. In het geval van koeling dient ook de hulpenergie ten behoeve van de afvoer van condensorwarmte (circulatiepompen, droge koeler, ...) in rekening te worden gebracht.

Het primair energiegebruik wordt berekend op basis van de EPB-regelgeving.

De begroting van het primair energieverbruik houdt expliciet rekening met de deellastprestaties van de warmtepomp/koelmachines door de energieproductie op te splitsen in functie van de vermogensvraag.

Het primair energieverbruik, de warmtevraag en de koudevraag worden begroot op basis van het energieprestatiebesluit. De berekeningen gebeuren op basis van de klimaatgegevens van Ukkel in de periode van 1961 tot 1990 verhoogd met 1,7°C.

De omzettingsfactoren tussen elektrische energie en primaire energie worden overgenomen uit het energieprestatiebesluit.

Indien het primair energieverbruik groter is dan de hierboven aangegeven grenswaarde dan wordt aangenomen dat de vermindering in CO₂ uitstoot te beperkt is om het gebruik van de techniek te kunnen verantwoorden.

Dus :

Als ((3.1)=ja) en

$$\begin{aligned} (3.4) \leq ((3.5) - 7/24 \cdot (3.6)) & \quad \text{als } E_w > 4/3 \cdot E_k \\ (5/32 \cdot (3.5) + 5/6 \cdot (3.6)) & \quad \text{als } 4/3 \cdot E_k > E_w \end{aligned}$$

Dan

$$(1) = \text{OK}$$

Uiteraard kan men ook een ander criterium weerhouden voor een reductie in primair energieverbruik. Dit kan op eenvoudige wijze zonder de beslissingsprocedure al te veel te beïnvloeden. Een onderbouwing van de formules is opgenomen in bijlage (note technique energie primaire).

6.2.2 Elementaire technische haalbaarheid van het voorgestelde concept

De onderstaande eisen zijn minimum eisen waaraan het systeem moet voldaan worden. Het is evident dat de beoordeling van de technische haalbaarheid dient te gebeuren door deskundig personeel op basis van een volledig ingevuld dossier.

Schematisch :

Als

(2.1) de transmissiviteit van de watervoerende laag is voldoende onderzocht =OK

en

(2.2) de waterkwaliteit en de redoxgrens zijn voldoende onderzocht =OK

en

(2.3) de aanwezige opslagcapaciteit van de site is in overeenstemming met de energievraag aan de ondergrond =OK

en

(2.4) het grondwatersysteem fysisch gescheiden is van het secundair systeem =OK

en

(2.5) het grondwatersysteem is uitgerust met een aanstuurbaar drukbehoudsysteem=OK

en

(2.6) het concept van de installatie is zodanig dat het energetisch evenwicht op eenvoudige wijze, door instelling van een beperkt aantal parameters, in belangrijke mate kan beïnvloed worden =OK

Dan

(2) de installatie kan in principe goed functioneren =OK

Hieronder worden de criteria uitgebreider beschreven.

Transmissiviteit (2.1)

De technische haalbaarheid van techniek 1 hangt sterk samen met de transmissiviteit (kD-waarde) van de watervoerende laag. In regio Brussel komen als watervoerende lagen in aanmerking :

- 1) Formatie van Brussel
- 2) Formatie van Landen
- 3) Krijt

De transmissiviteit kan voor de watervoerende lagen in Brussel sterk variëren van locatie tot locatie. Daarom is het wenselijk om voor elk project, en dit totdat er een voldoende dicht meetnet aanwezig is, minstens een putproef uit te voeren op een piëzometer van voldoende diameter.

Het is echter beter om een pompproef uit te voeren waarbij een pompput en twee piëzometers worden geplaatst zodat het hydrogeologisch gradiënt eveneens bepaald kan worden. De resultaten van de pompproef laten toe om een realistische inschatting te maken van het toelaatbare brondebiet.

De bron kan indien zij doordacht is ontworpen en ingepland, in het project worden geïntegreerd.

Voor het welslagen van de grote en de middelgrote projecten (vanaf ca. 5.000 m³/seizoen tot en met 200.000 m³/seizoen) achten wij het uitvoeren van een pompproef noodzakelijk om de technische haalbaarheid correct te kunnen inschatten.

De criteria die hierboven opgegeven zijn kunnen natuurlijk gewijzigd worden. Er kan gedacht worden aan een combinatie van het koel en/of verwarmingsvermogen van de installatie en de jaarlijkse energievraag voor koelen en/of verwarmen anderszijds.

Als het criterium voor het uitvoeren van een pompproef overschreden wordt bvb. $\text{Max}((3.11) \text{ en } (3.12)) > 5.000 \text{ m}^3/\text{seizoen}$. Dan (4.8) er is een pompproef uitgevoerd en de resultaten van het rapport zijn opgenomen in Bijlage 2.

Als het criterium voor het uitvoeren van een pompproef overschreden wordt bvb. $\text{Max}((3.11) \text{ en } (3.12)) > 5.000 \text{ m}^3/\text{seizoen}$
Dan (4.8) er is een pompproef uitgevoerd en de resultaten van het rapport zijn opgenomen in Bijlage 2.

Waterkwaliteit en Redoxgrens (2.2)

Het is wenselijk om de waterkwaliteit te analyseren. De samenstelling van het water kan eventueel de toepassing van techniek 1 belemmeren. Eén van de eisen in het kader van de milieuvergunning zal trouwens bestaan uit een grondwateranalyse op een grondwaterstaal voor het opstarten van de installatie.

In gespannen watervoerende lagen zijn er meestal geen bijzondere problemen zolang het water niet in contact komt met zuurstof en zolang het water op voldoende hoge druk blijft.

In freatische aquifers dient de aanwezigheid van een redox grens te worden onderzocht. Bij aanwezigheid van een redoxgrens zal de bruikbare dikte van de watervoerende laag aangepast moeten worden.

De aanwezigheid van een redoxgrens kan de toepassing van techniek 1 compromitteren. Het belangrijkste element in deze beoordeling is de vraag of er twee onderscheiden zones zijn waarvoor duidelijk blijkt dat in de onderliggende zone ijzer opgelost is in het grondwater en in de bovenliggende zone ijzer is neergeslagen in de watervoerende laag. De aanwezigheid van een redoxgrens kan de toepassing van techniek 1 compromitteren.

Beschikbare ruimte en grondvolume (2.3)

Om de “thermische haalbaarheid” van een opslag te analyseren kunnen een aantal vuistregels worden gebruikt.

Hierbij wordt de opgegeven hoeveelheid water per seizoen via de thermische capaciteiten en de dikte van het watervoerende pakket omgerekend naar een invloedsstraal.

Vanuit energetisch oogpunt wordt een volume water omgezet in een volume verzadigde grond met een gewijzigde temperatuur. Dit geeft aanleiding tot het begrip thermische invloedsstraal :

$$R_t = \sqrt{((V/(\pi \times H)) \times (C_w/C_a))}$$

met hierin :

R_h de hydraulische invloedsstraal (m)

R_t de thermische invloedsstraal (m)

V het verpompte volume grondwater (m³) d.i. Maximum((3.11),(3.12))

H de hoogte van het filter

C_w de volumetrische warmtecapaciteit van water (ca. 4.200.000 J/m³.K)

C_a de volumetrische warmtecapaciteit van de verzadigde bodem (ca. 2.000.000 J/m³.K)

De afstand tussen de koude en de warme clusters van bronnen dient groter te zijn dan 2 x R_t . Hierbij wordt R_t berekend op basis van het volume grondwater dat per jaar wordt verpompt.

Gesloten grondwatersysteem (2.4)

Het grondwater dient steeds in een van het proceswater gescheiden circuit te worden gehouden. De overdracht van warmte gebeurt ter hoogte van één of meerdere compacte warmtewisselaars die in de technische ruimte zijn opgesteld. Op deze warmtewisselaar wordt de hoofdleiding van het proces aangesloten.

De kans op lekken en luchtinfiltratie neemt in sterke mate af indien men het verbindend leidingwerk tussen de bronnen en de toepassing :

- goed afschermt
- zo kort als mogelijk maakt
- de mogelijke werken aan het leidingnet tot een minimum beperkt

Deze kans is minimaal indien de leidingen van het grondwatersysteem onmiddellijk na hun intrede in de technische ruimte worden aangesloten op de warmtewisselaars.

Als

(6.d.1 het leidingwerk van het primair systeem is tot een minimum beperkt = ja) en

(6.d.2 er is geen fysieke scheiding tussen het secundair systeem en het primair systeem = neen) en

((6.d.3 de vloeistof in het circuit bevat geen additieven = ja) en ((6.d.5 er is een fysieke scheiding tussen het secundair en het primair systeem = ja)

of ((6.d.6 = ja) of (6.d.7 = ja) er is een dubbele fysieke scheiding tussen primair en secundair systeem)

of

(6.d.4 de vloeistof in het circuit bevat additieven = ja) en ((6.d.6=ja) of (6.d.7 =ja)) er is een dubbele fysieke scheiding tussen primair en secundair systeem)

Dan

(2.4) Er zijn voldoende voorzieningen genomen om het lekken van milieuvreemde stoffen naar de omgeving tegen te gaan = OK

Drukbehoud (2.5)

Een minimale vereiste voor de goede werking van een open opslagsysteem is dat het grondwatercircuit overal en permanent in overdruk wordt gehouden t.o.v. de atmosfeer.

Hierdoor voorkomt men :

- luchtinbraak
- ontgassing van het grondwater

Beide fenomenen kunnen aanleiding geven tot verstoppingproblemen in de bronnen.

Als (6.d.8 het primair systeem wordt niet actief op druk gehouden = neen) en (6.d.9 het primair systeem wordt permanent op druk gehouden = ja) dan (2.5) de vereiste voor drukbehoud is voldaan =OK.

Thermisch en hydraulisch evenwicht (2.6)

Het concept van de installatie dient zodanig te zijn dat door aanpassingen in de aansturing van het systeem het thermisch en hydraulisch evenwicht hersteld kan worden.

De flexibiliteit bestaat uit een hardware component en een software component :

Als

(3.8) < 2.000 m³/jaar dan (6.e.1) = ja

De thermische opslagcapaciteit van de site is geverifieerd met een analytische formule.

of

Als

(3.8) > 2.000 m³/jaar dan (6.e.2) = ja

De thermische opslagcapaciteit van de site is doorgerekend met een numeriek model.

en

(6.e.3) = ja

de evolutie van de onttrekkingstemperatuur is weergegeven in functie van de tijd

en

(6.e.4) = ja

de thermische invloed op de omgeving op het einde van het verwarmingsseizoen na een periode van 30 jaar is begroot

en

(6.e.5) = ja

de thermische invloed op de omgeving op het einde van het koelseizoen na een periode van 30 jaar is begroot

en

(6.e.6) = neen

de opslag wordt niet actief beheerd

en

(6.e.7) = ja

de opslag wordt actief beheerd

en

(6.e.8) = ja

of

(6.e.9) = ja

of

(6.e.10) = ja

of

(6.e.11) = ja

dan (2.6) het thermisch en volumetrisch evenwicht kan beïnvloed worden = OK

6.2.3 Aanvaardbare verstoring van de bestaande toestand

De beoordeling met betrekking tot een aanvaardbare verstoring van de bestaande toestand dient te gebeuren door een deskundig persoon op basis van een volledig en goed gedocumenteerd dossier. Het dossier dient afgetoetst te worden aan de onderstaande grenswaarden.

Indien de deskundige oordeelt dat het dossier correct is onderbouwd en er in het dossier wordt aangetoond dat de grenswaarden niet worden overschreden dan is aangetoond dat de installatie een aanvaardbare verstoring heeft van de bestaande toestand.

Of formeel : (3)=OK

Een open KWO systeem kan aanleiding geven tot volgende verstoringen (cfr. Taak 2)

- 1/ Aantrekken en verplaatsen van verontreinigingen
- 2/ Lekken van milieuvreemde stoffen naar de bodem – vloeistoffen tot en met categorie 3 volgens NBN EN 1717
- 3/ Lekken van milieuvreemde stoffen naar de bodem – vloeistoffen tot en met categorie 4 volgens NBN EN 17173
- 4/ Beïnvloeding van bestaande grondwaterwinningen
- 5/ Beïnvloeding van bestaande geothermische opslag projecten
- 6/ Beïnvloeding van het grondwaterpeil ter hoogte van het maaiveld
- 7/ Beïnvloeding van het grondwaterpeil ter hoogte van bestaande bouwkundige werken
- 8/ Zettingen tengevolge van een verlaagd grondwaterpeil
- 9/ Invloed op de vegetatie
- 10/ Thermische beïnvloeding van de ondergrond
- 11/ Infiltratie door deklagen langsheen de boorgaten

Indien het concept niet voorziet in het voorkomen of beperken tot een aanvaardbare waarde van bovenstaande verstoringen dan wordt de milieuvergunning geweigerd.

De grenswaarde van de toegelaten verstoring of de minimaal te voorziene remediërende maatregelen zijn opgelijst in de onderstaande tabel.

ID	Omschrijving	Grenswaarde	Minimale maatregelen
1	Verontreiniging op de site		saneren
2	Verplaatsen van verontreinigingen	maximaal 1 m	
3	Lekken van stoffen naar de bodem – cat.3	incidenteel toelaatbaar	<p>Warmtewisselaar met enkelvoudige platen</p> <p>Lekdetectie in het primair circuit</p> <p>Lekdetectie in het secundair circuit</p> <p>Periodieke chemische analyse van de waterkwaliteit voor en na de warmtewisselaar</p>
4	Lekken van stoffen naar de bodem – cat.4	ontoelaatbaar	<p>Warmtewisselaar met dubbele platen</p> <p>Lekdetectie in het primair circuit</p> <p>Lekdetectie in het secundair circuit</p>
5	Beïnvloeding van bestaande grondwaterwinningen	Capaciteitsvermindering van de winning met maximaal 10%	
6	Beïnvloeding van bestaande geothermische opslag projecten	Capaciteitsvermindering van de winning met maximaal 10%	Buiten een straal van 2x de thermische invloedsstraal
7	Beïnvloeding van het grondwaterpeil ter hoogte van het maaiveld	Grondwaterpeil < 1 m-MV	
8	Beïnvloeding van het grondwaterpeil ter hoogte van bouwkundige werken	Peil < 1 m-onder het kritisch niveau van de constructie	
9	Zettingen tengevolge van grondwaterverlagingen	Maximaal 2 cm indien berekend volgens de formule van Terzaghi	

10	Invloed op de vegetatie	Verwaarloosbaar Als Grondwaterpeil voorheen ≤ 1 m-MV dan Grondwaterpeil na het aanbrengen van de installatie ≤ 1 m-MV. Anders onderhandeling over te handhaven peil.	
11	Thermische beïnvloeding van de ondergrond		Installatie uitgerust met voorzieningen ten behoeve van het behoud van het thermische en hydraulisch evenwicht – Warme bel stroomopwaarts van koude bel
12	Infiltratie door deklagen langs de boorgaten		Correct afdichten en aanvullen van boorgaten met zwellende klei of cement bentoniet mengsel

6.3 Beslissingsschema voor open onttrekkingsystemen (TECH-2)

Het beslissingsschema is een synthese van de redenering die uitgaande van de beschikbare gegevens (Technisch Verslag) leidt tot een beslissing met betrekking tot het verlenen van een milieuvergunning.

Voor de toepassing van geothermie dient een afweging gemaakt te worden tussen de baten (primaire energiebesparing) en de hinder die aan de installatie gekoppeld is. Hiernaast wordt de technische haalbaarheid van het project onderzocht.

Een milieuvergunning wordt slechts verleend indien aan al de onderstaande eisen voldaan wordt.

Als

((1) Er een vermindering is van het primair energiegebruik =OK)

en

((2) De installatie technisch haalbaar is =OK)

en

((3) Er geen onaanvaardbare invloed is op de omgeving =OK)

dan (milieuvergunning = OK)

6.3.1 Aantoonbare daling van het primair energieverbruik

Om Techniek 2 te mogen toepassen dient te worden aangetoond dat door toepassing van Techniek 2 een substantiële reductie van het primair energiegebruik ten behoeve van de productie van koude of warmte wordt bekomen.

Dit kan bvb. vertaald worden in :

$E_p \leq (25/32 \cdot E_w)$ als het gaat om een warmteonttrekking
 $(5/24 \cdot E_k)$ als het gaat om een koudeonttrekking

Met E_w of $E_k =$ (3.6)

$E_p =$ (3.5)

Voor verwarming is deze overweging afgeleid uit de redenering dat het primair energieverbruik minstens 20% lager moet liggen dan het energieverbruik van een conventionele installatie vooraleer de installatie wordt toegelaten.

$E_p = 2,5 E_e = 2,5 (E_w / \text{COP}_{\text{heating}} + E_w / \text{COP}_{\text{opslag}}) < 0,8 E_w$

Waarbij het primair energieverbruik voor conventioneel verwarmen gelijk wordt genomen aan E_p .

Voor koelen wordt gesteld dat enkel vrije koeling in aanmerking komt voor toepassing in combinatie met een geothermische energieopslag.

Het primair energieverbruik moet dan ook lager zijn dan de uit de EPB-regeling afkomstige minimale waarde voor toepassing van een geothermische energieopslag.

$$E_p = 2,5 \cdot E_c = 2,5 \cdot E_k / \text{COP}_{\text{opslag}} = 2,5 \cdot E_k / 12 = 5/24 \cdot E_k < 5/7 \cdot E_k$$

Indien gebruik wordt gemaakt van een conventionele koelmachine dan is het primair energiegebruik voor koelen ca. $5/7 \cdot E_k$.

E_p omvat het primair energieverbruik ten behoeve van de aandrijving van de warmtepomp/koelmachine en ter aandrijving van de bronpompen. In het geval van een warmtepomp dient enkel de hulpenergie ten behoeve van de verdamper (circulatiepomp) in rekening te worden gebracht. In het geval van koeling dient ook de hulpenergie ten behoeve van de afvoer van condensorwarmte (circulatiepompen, droge koeler, ...) in rekening te worden gebracht.

De begroting van het primair energieverbruik houdt expliciet rekening met de deellastprestaties van de warmtepomp/koelmachines door de energieproductie op te splitsen in functie van de vermogensvraag.

Het primair energieverbruik, de warmtevraag en de koudevraag worden begroot op basis van het energieprestatiebesluit. De berekeningen gebeuren op basis van de klimaatgegevens van Ukkel in de periode van 1961 tot 1990 verhoogd met $1,7^\circ\text{C}$.

De omzettingfactoren tussen elektrische energie en primaire energie worden overgenomen uit het energieprestatiebesluit.

Indien het primair energieverbruik groter is dan de hierboven aangegeven grenswaarde dan wordt aangenomen dat de vermindering in CO_2 uitstoot te beperkt is om het gebruik van de techniek te kunnen verantwoorden.

Dus :

$$\text{Als } ((3.1)=\text{ja}) \text{ en } (3.5) \leq (25/32 \cdot (3.6))$$

Als het om een warmteonttrekking (verwarmen) gaat dan moet het primair energiegebruik kleiner blijven dan het hiervoor vastgestelde criterium.

of

$$\text{Als } ((3.2)=\text{ja}) \text{ en } (3.5) \leq (5/24 \cdot (3.6))$$

Als het om een koudeonttrekking (koelen) gaat dan moet het primair energiegebruik kleiner blijven dan het hiervoor vastgestelde criterium.

Dan

$$(1) = \text{OK}$$

6.3.2 Elementaire technische haalbaarheid van het voorgestelde concept

De onderstaande eisen zijn minimum eisen waaraan het systeem moet voldaan worden.

Het is evident dat de beoordeling van de technische haalbaarheid dient te gebeuren door deskundig personeel op basis van een volledig ingevuld dossier.

Schematisch :

Als (2.1)=OK

De transmissiviteit is voldoende onderzocht.

en

(2.2)=OK

De waterkwaliteit en de redoxgrens zijn voldoende onderzocht.

en

(2.3)=OK

Er is voldoende thermische capaciteit aanwezig op de site voor een goede werking op middellange termijn.

en

(2.4)=OK

Er is een fysieke afscherming tussen het grondwater en het secundair water.

en

(2.5)=OK

Het grondwatersysteem wordt op overdruk gehouden t.o.v. atmosfeer en ontgassingsdruk van het grondwater.

en

(2.6)=OK

De thermische haalbaarheid op middellange termijn is onderzocht.

Dan

(2)=OK

De installatie voldoet aan de technische eisen.

Hieronder worden de diverse criteria verder beschreven in functie van de informatie die via het technisch verslag ter beschikking wordt gesteld.

Transmissiviteit (2.1)

De technische haalbaarheid van techniek 2 hangt sterk samen met de transmissiviteit (kD-waarde) van de watervoerende laag. In regio Brussel komen als watervoerende lagen in aanmerking :

- 1) Formatie van Brussel
- 2) Formatie van Landen
- 3) Krijt

De transmissiviteit kan voor de watervoerende lagen in Brussel sterk variëren van locatie tot locatie. Daarom is het wenselijk om voor elk project, en dit totdat er een voldoende dicht meetnet aanwezig is, minstens een putproef uit te voeren op een piëzometer van voldoende diameter.

Het is echter beter om een pompproef uit te voeren waarbij een pompput en twee piëzometers worden geplaatst zodat het hydrogeologisch gradiënt eveneens bepaald kan worden. De resultaten van de pompproef laten toe om een realistische inschatting te maken van het toelaatbare brondebiet.

De bron kan, indien zij doordacht is ontworpen en ingepland, in het project worden geïntegreerd.

Voor het welslagen van de grote en de middelgrote projecten (vanaf ca. 5.000 m³/jaar) achten wij het uitvoeren van een pompproef noodzakelijk om de technische haalbaarheid correct te kunnen inschatten.

De criteria die hierboven opgegeven zijn kunnen natuurlijk gewijzigd worden. Er kan gedacht worden aan een combinatie van het koel en/of verwarmingsvermogen van de installatie en de jaarlijkse energievraag voor koelen en/of verwarmen anderszijds.

Als

(3.9) > 5.000 m³

Het betreft een grote onttrekking.

dan (4.8) + Bijlage 2

Er moet een pompproef worden uitgevoerd en het testrapport moet aan het technisch verslag worden toegevoegd.

Anders wordt er geen vergunning afgeleverd.

Waterkwaliteit en Redoxgrens (2.2)

Het is wenselijk om de waterkwaliteit te analyseren. De samenstelling van het water kan eventueel de toepassing van techniek 2 belemmeren. Eén van de eisen in het kader van de milieuvergunning zal trouwens bestaan uit een grondwateranalyse op een grondwaterstaal voor het opstarten van de installatie.

In gespannen watervoerende lagen zijn er meestal geen bijzondere problemen zolang het water niet in contact komt met zuurstof en zolang het water op voldoende hoge druk blijft.

In freatische aquifers dient de aanwezigheid van een redox grens te worden onderzocht. Bij aanwezigheid van een redoxgrens zal de bruikbare dikte van de watervoerende laag aangepast moeten worden.

De aanwezigheid van een redoxgrens kan de toepassing van techniek 2 compromitteren.

Het belangrijkste element in deze beoordeling is de vraag of er twee onderscheiden zones zijn waarvoor duidelijk blijkt dat in de onderliggende zone ijzer opgelost is in het grondwater en in de bovenliggende zone ijzer is neergeslagen in de watervoerende laag.

Beschikbare ruimte en grondvolume (2.3)

Om de “thermische haalbaarheid” van een opslag te analyseren kunnen een aantal vuistregels worden gebruikt.

Hierbij wordt de opgegeven hoeveelheid water per seizoen via de thermische capaciteiten en de dikte van het watervoerende pakket omgerekend naar een invloedsstraal.

Vanuit energetisch oogpunt wordt een volume water omgezet in een volume verzadigde grond met een gewijzigde temperatuur. Dit geeft aanleiding tot het begrip thermische invloedsstraal :

$$R_t = \sqrt{((V/(\pi \times H)) \times (C_w/C_a))}$$

met hierin :

- R_t de thermische invloedsstraal (m) = (3.9) x 30
- V het verpompte volume grondwater (m³)= (3.9) x 30 over een periode van 30 jaar
- H de hoogte van het filter
- C_w de volumetrische warmtecapaciteit van water (ca. 4.200.000 J/m³.K)
- C_a de volumetrische warmtecapaciteit van de verzadigde bodem (ca. 2.000.000 J/m³.K)

De afstand tussen de geothermische toepassing en reeds bestaande geothermische toepassingen dient groter te zijn dan 2 x R_t . Hierbij wordt R_t berekend op basis van het volume grondwater dat over een periode van 30 jaar wordt verpompt.

Gesloten grondwatersysteem (2.4)

Het grondwater dient steeds in een van het proceswater gescheiden circuit te worden gehouden. De overdracht van warmte gebeurt ter hoogte van één of meerdere compacte warmtewisselaars die in de technische ruimte zijn opgesteld. Op deze warmtewisselaar wordt de hoofdleiding van het proces aangesloten.

De kans op lekken en luchtinfiltratie neemt in sterke mate af indien men het verbindend leidingwerk tussen de bronnen en de toepassing :

- goed afschermt
- zo kort als mogelijk maakt
- de mogelijke werken aan het leidingnet tot een minimum beperkt

Deze kans is minimaal indien de leidingen van het grondwatersysteem onmiddellijk na hun intrede in de technische ruimte worden aangesloten op de warmtewisselaars.

Als

(6.d.1 = ja)

Het leidingwerk van het primair circuit is tot een minimum beperkt.
en

(6.d.2 = neen)

Er is minstens één fysieke barrière tussen het primair en het secundair systeem.

en

((6.d.3 = ja) en ((6.d.5=ja) of (6.d.6 = ja) of (6.d.7 = ja))

Er zijn geen additieven toegevoegd aan het circuit en er zijn één of meerdere fysieke barrières tussen primair en secundair circuit.

of

(6.d.4 = ja) en ((6.d.6=ja) of (6.d.7 =ja)))

Er zijn additieven toegevoegd aan het circuit en er zijn minstens twee fysieke barrières tussen primair en secundair circuit.

De tussenruimte tussen deze barrières laat toe om op eenvoudige wijze lekken te detecteren zonder dat er een vervuiling optreedt van grondwater of bodem.

Dan

(2.4) = OK

Er is een afdoende fysieke afscherming tussen grondwater en secundair water.

Drukbehoud (2.5)

Een minimale vereiste voor de goede werking van een open onttrekkingsstelsel is dat het grondwatercircuit overal en permanent in overdruk wordt gehouden t.o.v. de atmosfeer.

Hierdoor voorkomt men :

- luchtinbraak
- ontgassing van het grondwater

Beide fenomenen kunnen aanleiding geven tot verstoppingproblemen in de bronnen.

Als (6.d.8 = neen) en (6.d.9 = ja) dan (2.5)=OK

Het primair circuit wordt in overdruk gehouden t.o.v. de atmosfeer en de ontgassingsdruk van het grondwater.

Thermische haalbaarheid (2.6)

Het concept van de installatie dient zodanig te zijn dat de goede werking van de installatie gewaarborgd blijft gedurende 50 jaar.

Als

(3.9) < 2.000 m³/jaar dan (6.e.1) = ja

Het betreft een kleine installatie.

De thermische invloed op de omgeving is bestudeerd a.d.h.v. analytische formules.

of

Als

(3.9) > 2.000 m³/jaar dan (6.e.2) = ja

Het betreft een grote installatie.

De thermische invloed op de omgeving is bestudeerd a.d.h.v. een numeriek model.

en

(6.e.3) = ja

De evolutie van de onttrekkingstemperatuur in functie van de tijd is beschreven.

en

(6.e.4) = ja

De thermische invloed op de omgeving na een uitbatingsperiode van 50 jaar is beschreven.

en

(6.e.5) = ja

De invloed op andere geothermische installaties binnen een straal gelijk aan 2 x de thermische straal van de beïnvloede zone is gekend.

en

(6.e.6) = ja

De minimale (warmteonttrekking) of maximale (koudeonttrekking) benodigde onttrekkingstemperatuur voor een correcte werking is gekend.

en

(6.e.7) = ja

De eindtemperatuur van onttrekking na een uitbatingsperiode van 50 jaar is gekend.

en (6.e.6) < (6.e.7) bij warmteonttrekking

De minimale onttrekkingstemperatuur nodig voor een correcte werking van de installatie is lager dan de onttrekkingstemperatuur na een uitbatingsperiode van 50 jaar.

(6.e.6) > (6.e.7) bij koudeonttrekking

De maximale onttrekkingstemperatuur nodig voor een correcte werking van de installatie is hoger dan de onttrekkingstemperatuur na een uitbatingsperiode van 50 jaar.

en

(6.e.8) = ja

De injectietemperatuur na een periode van 50 jaar is hoger dan 4°C en lager dan 25°C.

en

(6.e.9) = ja

De installatie is uitgerust met een backup systeem voor koude of warmte productie (droge koeler, verwarmingsketel, ...)

en

(6.e.10) = ja

De installatie is zo opgevat dat de energieoverdracht naar de bodem sterk beïnvloed kan worden door het wijzigen van een beperkt aantal parameters.

dan (2.6) = OK

De installatie is principieel in staat om de vooropgestelde thermische doelstellingen te halen en kan in geval van problemen snel worden aangepast zonder dat de energiefunctie in gevaar komt.

6.3.3 Aanvaardbare verstoring van de bestaande toestand

De beoordeling met betrekking tot een aanvaardbare verstoring van de bestaande toestand dient te gebeuren door een deskundig persoon op basis van een volledig en goed gedocumenteerd dossier. Het dossier dient afgetoetst te worden aan de onderstaande grenswaarden.

Indien de deskundige oordeelt dat het dossier correct is onderbouwd en er in het dossier wordt aangetoond dat de grenswaarden niet worden overschreden dan is aangetoond dat de installatie een aanvaardbare verstoring heeft van de bestaande toestand.

Of formeel : (3)=OK

Een open onttrekkingsysteem kan aanleiding geven tot volgende verstoringen (cfr. Taak 2)

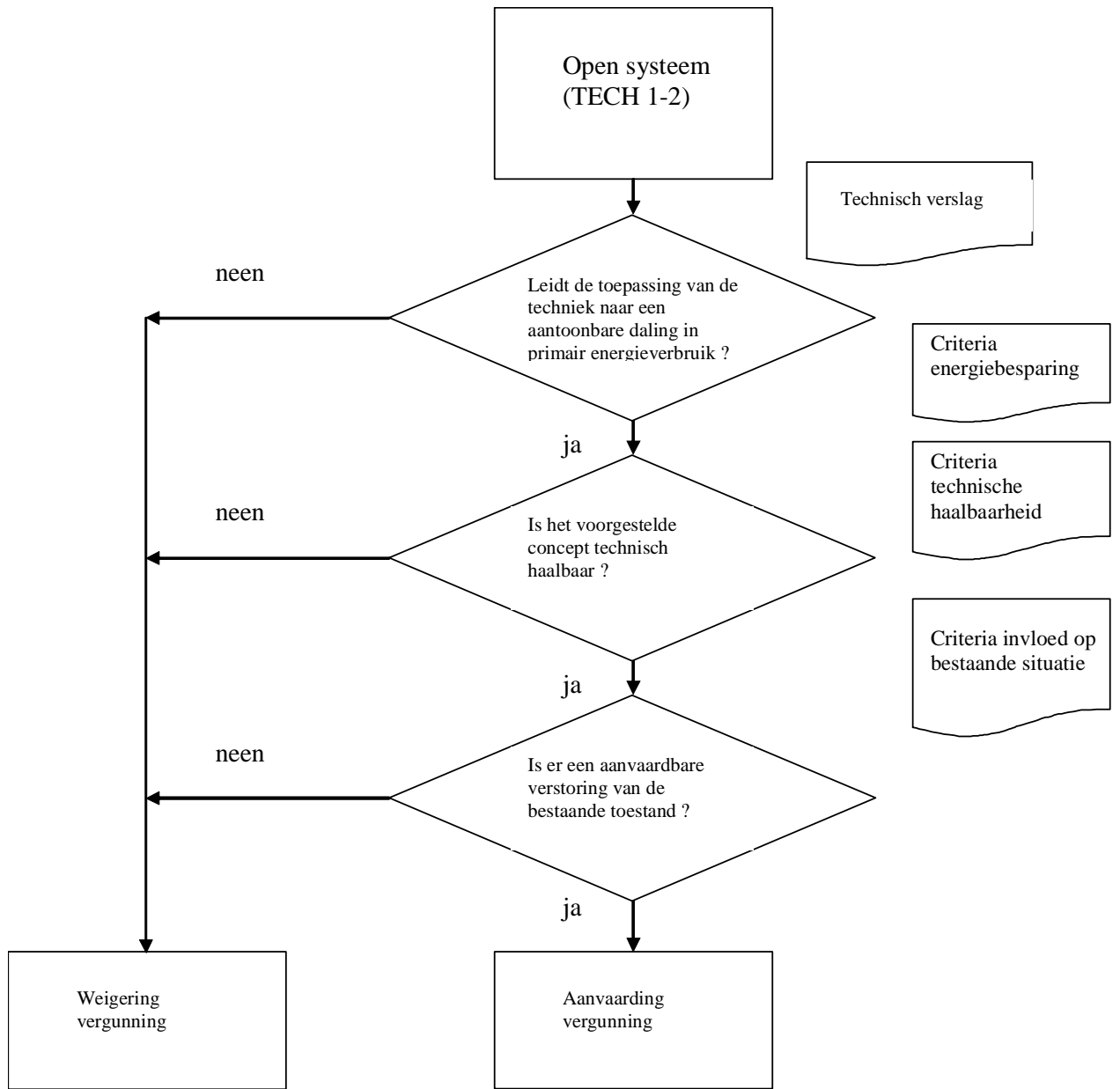
- 1/ Aantrekken en verplaatsen van verontreinigingen
- 2/ Lekken van milieuvreemde stoffen naar de bodem – vloeistoffen tot en met categorie 3 volgens NBN EN 1717
- 3/ Lekken van milieuvreemde stoffen naar de bodem – vloeistoffen tot en met categorie 4 volgens NBN EN 17173
- 4/ Beïnvloeding van bestaande grondwaterwinningen
- 5/ Beïnvloeding van bestaande geothermische opslag projecten
- 6/ Beïnvloeding van het grondwaterpeil ter hoogte van het maaiveld
- 7/ Beïnvloeding van het grondwaterpeil ter hoogte van bestaande bouwkundige werken
- 8/ Zettingen tengevolge van een verlaagd grondwaterpeil
- 9/ Invloed op de vegetatie
- 10/ Thermische beïnvloeding van de ondergrond
- 11/ Infiltratie door deklagen langsheen de boorgaten

Indien het concept niet voorziet in het voorkomen of beperken tot een aanvaardbare waarde van bovenstaande verstoringen dan wordt de milieuvergunning geweigerd.

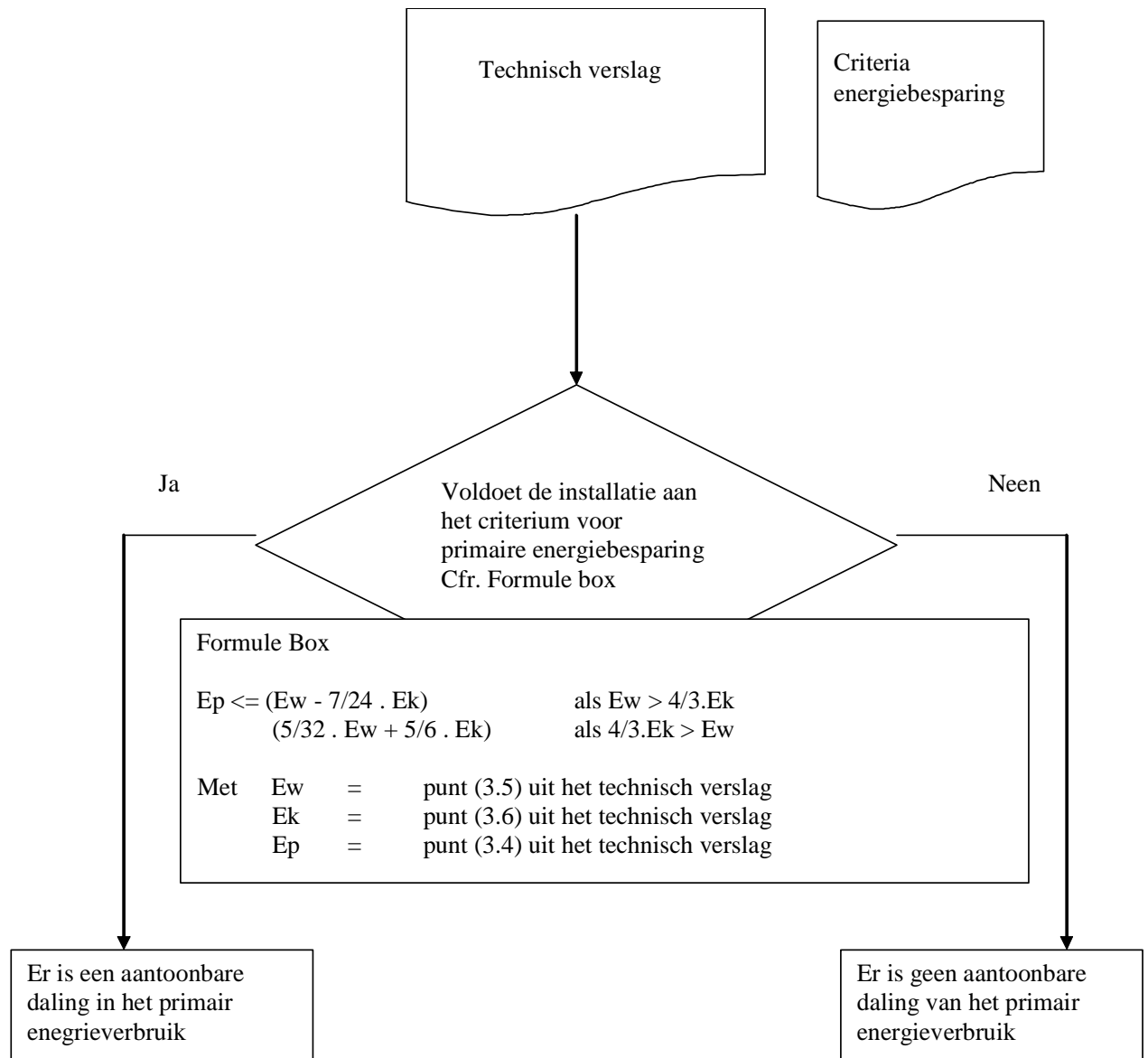
De grenswaarde van de toegelaten verstoring of de minimaal te voorziene remediërende maatregelen zijn opgelijst in de onderstaande tabel :

ID	Omschrijving	Grenswaarde	Minimale maatregelen
1	Verontreiniging op de site		saneren
2	Verplaatsen van verontreinigingen	maximaal 1 m	
3	Lekken van stoffen naar de bodem – cat.3	incidenteel toelaatbaar	Warmtewisselaar met enkelvoudige platen Lekdetectie in het primair circuit Lekdetectie in het secundair circuit Periodieke chemische analyse van de waterkwaliteit voor en na de warmtewisselaar
4	Lekken van stoffen naar de bodem – cat.4	ontoelaatbaar	Warmtewisselaar met dubbele platen Lekdetectie in het primair circuit Lekdetectie in het secundair circuit
5	Beïnvloeding van bestaande grondwaterwinningen	Capaciteitsvermindering van de winning met maximaal 10%	
6	Beïnvloeding van bestaande geothermische opslag projecten	Capaciteitsvermindering van de winning met maximaal 10%	Buiten een straal van 2x de thermische invloedsstraal
7	Beïnvloeding van het grondwaterpeil ter hoogte van het maaiveld	Grondwaterpeil < 1 m-MV	
8	Beïnvloeding van het grondwaterpeil ter hoogte van bouwkundige werken	Peil < 1 m-onder het kritisch niveau van de constructie	
9	Zettingen tengevolge van	Maximaal 2 cm indien	

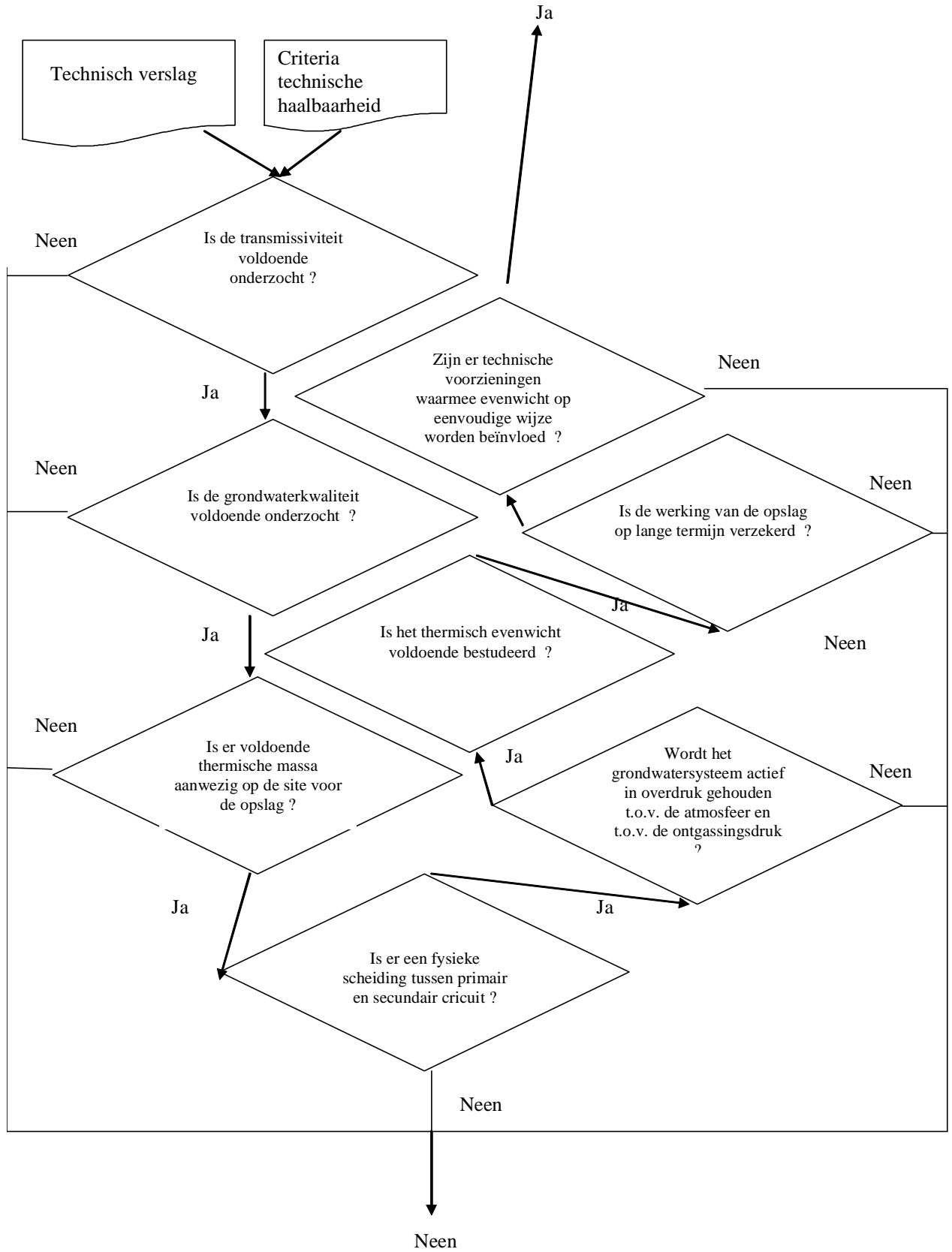
	grondwaterverlagingen	berekend volgens de formule van Terzaghi	
10	Invloed op de vegetatie	Verwaarloosbaar Als Grondwaterpeil voorheen ≤ 1 m-MV dan Grondwaterpeil na het aanbrengen van de installatie ≤ 1 m-MV. Anders onderhandeling over te handhaven peil.	
11	Thermische beïnvloeding van de ondergrond		Installatie uitgerust met voorzieningen ten behoeve van het behoud van het thermische en hydraulisch evenwicht – Warme bel stroomopwaarts van koude bel
12	Infiltratie door deklagen langs de boorgaten		Correct afdichten en aanvullen van boorgaten met zwellende klei of cement bentoniet mengsel



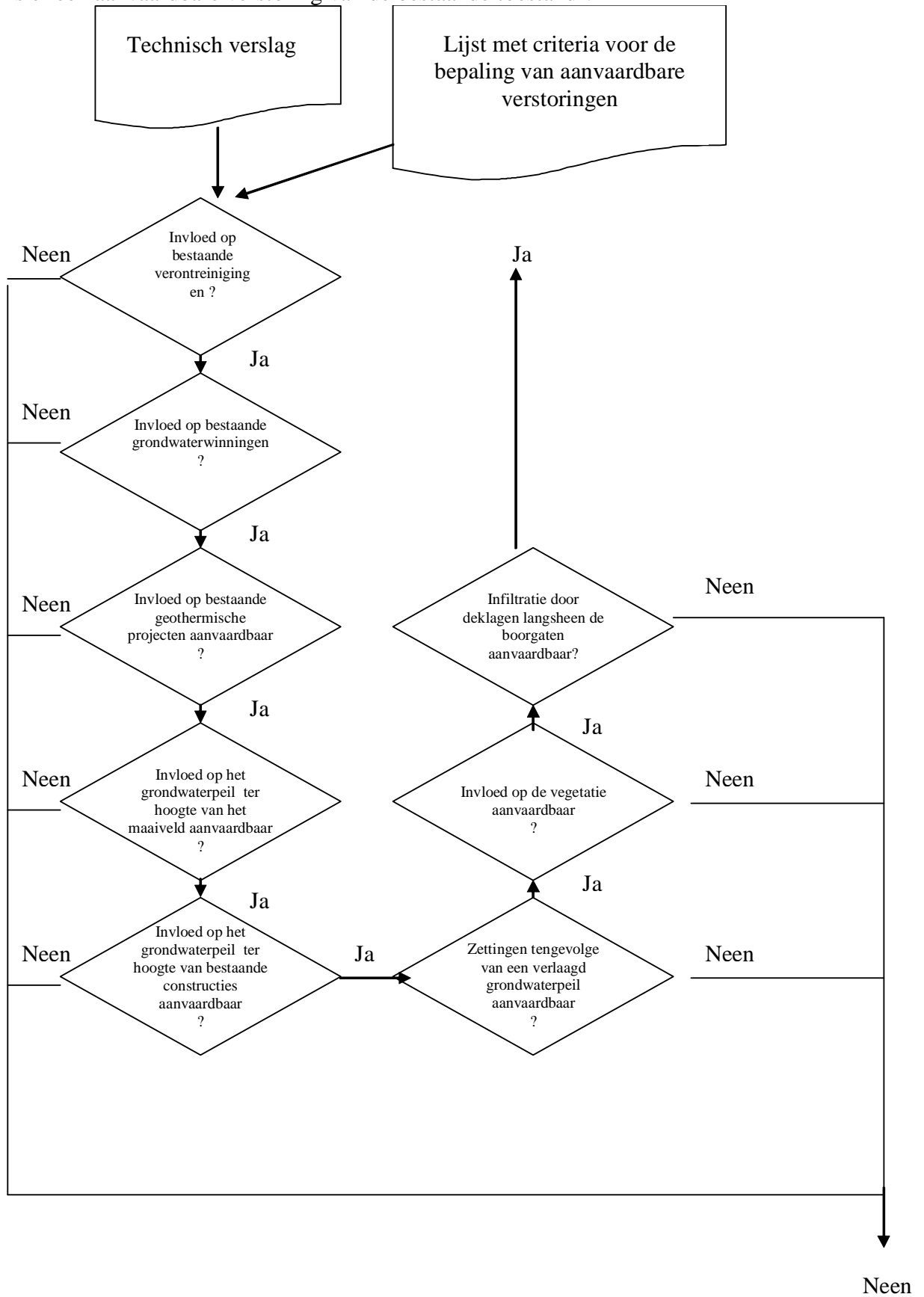
Leidt de toepassing naar een aantoonbare daling in primair energieverbruik ?



Is het voorgestelde concept technisch haalbaar ?



Is er een aanvaardbare verstoring van de bestaande toestand ?

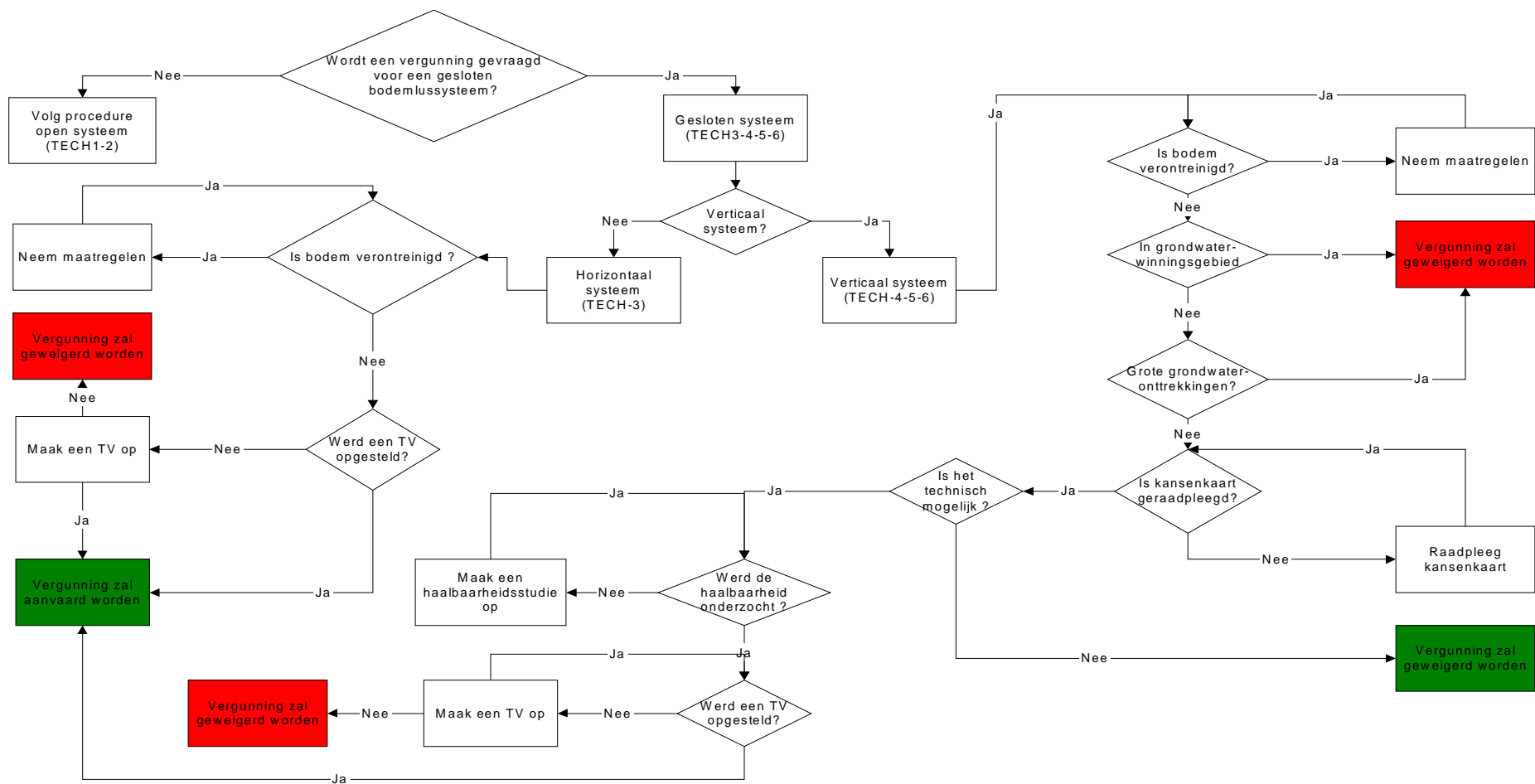


6.4 Beslissingsschema gesloten systemen

Figuur 14 toont een beslissingsschema voor geothermische gesloten toepassingen. Hierin passen de technieken TECH-3, 4, 5 en 6. Voor de techniek TECH-7 (grondbuizen) wordt geen beslissingsschema opgemaakt vanwege de beperkte invloed op het milieu.

Bij de keuzes wordt gevraagd of de bodem verontreinigd is of niet. Indien verontreinigd dienen maatregelen oa. afgraven van de bodem, verwijderen van de vervuilde grond, ed. genomen te worden om de bodemverontreiniging eerst aan te pakken vooraleer verdere stappen in het proces kunnen aangevat worden. We verwijzen hier naar de wetgeving rond bodemsanering en dergelijke.

De vraag rond “grondwateronttrekkingen” dient geïnterpreteerd te worden als volgt: indien een geothermisch systeem wordt geïnstalleerd in de nabijheid van een andere grondwateronttrekking dient steeds de invloed nagegaan te worden op de geplande installatie. Deze vraag wil echter niet zeggen dat elk geothermische systeem geweigerd gaat worden indien in de buurt een ander grondwateronttrekking aanwezig is.



@ Copyright VITO 2008

Figuur 14: Beslissingschema geothermische toepassingen

7 TAAK 6: MILIEUTECHNISCHE EXPLOITATIEVOORWAARDEN

7.1 Inleiding

In dit hoofdstuk beschrijven we de milieutechnische exploitatievoorwaarden voor open en gesloten systemen opgedeeld naar:

- het ontwerp en plaatsing van de installatie
- het beheer en onderhoud van de installatie (of de uitbating)
- de stopzetting van de installatie
- een wijziging van de uitbating of van de installatie

Het opleggen van milieuexploitatievoorwaarden mag geenszins een belemmering vormen voor de ontwikkeling en marktimplementatie van geothermische systemen. Zij dienen enkel om de ontwerpers voorwaarden mee te geven waardoor het project alle kans op slagen krijgt. Ook dient het traject beperkt in tijd te zijn. In het buitenland neemt een vergunning voor open systemen (Nederland) al snel een aantal maanden in beslag (+/- 6 maanden). Voor gesloten systemen is er momenteel nog geen vergunningsplicht in bijv. Nederland. In bijlage 5 worden samenvattende tabellen opgenomen met de benodigde documenten voor de systemen TECH-3 tot en met TECH-6.

7.2 Open systemen

7.2.1 Milieuvergunningsvoorwaarden ter beperking van effecten op het milieu

De bestaande algemene en sectorale voorwaarden van het Brussels Gewest met betrekking tot boringen, grondwaterwinningen en koelmachines zijn van toepassing op de geothermische systemen. Aan de systemen worden een aantal bijkomende voorwaarden opgelegd.

Algemene voorwaarden met betrekking tot open geothermische systemen

Boringen

De boringen worden uitgevoerd volgens de recentste versie van de standaardbestekken voor het boren van bronnen voor waterwinningen en open hydrothermische systemen.

Kleistoppen of cementbentonietstoppen worden aangebracht ter hoogte van scheidende lagen.

De kleistoppen/cement bentonietstoppen zijn bestand tegen de maximale injectiedrukken die in de watervoerende lagen kunnen optreden.

De top van de putbuis steekt ten allen tijde minstens 50 cm uit boven het niveau van het omliggende terrein. Dit om verontreiniging van de bron door oppervlaktewater te voorkomen. Indien de bronnen binnen een uitgraving worden uitgevoerd dan wordt deze uitgraving gedraineerd zodat het water dat naar de uitgraving vloeit niet in de putbuis kan stromen.

Indien de bron niet wordt gebruikt dan wordt ze waterdicht afgesloten met behulp van een putkap.

Alle nodige maatregelen dienen genomen te worden opdat er geen schade wordt veroorzaakt aan de aangrenzende bebouwing.

Alle nodige maatregelen ter beperking van de geluidshinder worden voorzien. Het boren is in principe slechts toegestaan van maandag tot vrijdag tussen 7h00 en 19h00.

Alle nodige maatregelen worden voorzien om verontreiniging van de bodem te voorkomen.

Het boorwater is vrij van vervuiling.

Het boorwater dat wordt afgevoerd tijdens het boren voldoet aan de vereisten voor afvalwater. Hiertoe worden de nodige zuiverings- en afscheidingsinstallaties voorzien (decantatie).

Tijdens het boren wordt het watergebruik tot een minimum beperkt door toepassing van een recirculatiesysteem.

Indien de opbouw van de ondergrond ter hoogte van de site onvoldoende gekend is dan wordt de eerste boring verplicht uitgevoerd met een techniek die een goede boorbeschrijving mogelijk maakt (zuigboren, pulsbooren, steken, ...). De overige boringen mogen uitgevoerd worden volgens een techniek naar keuze.

Ontwikkelen van de bronnen

De grondwaterverlaging tijdens het ontwikkelen van de bronnen wordt beperkt tot een niveau waarbij schade aan bestaande constructies tengevolge van de grondwaterverlaging wordt vermeden.

Meting van fysische parameters

Onderstaande metingen zijn verplicht :

- Drukmeting op het grondwatercircuit.
- Drukmeting op het secundaircircuit.
- Niveaumeting in de waterwinningsputten.
- Niveaumeting in de controle piëzometers.
- Debietmeting en volumemeting van de grondwaterstromen van en naar de verschillende opslagvelden.
- Volumetrische meting van het volume door de spuileiding.
- Temperatuurmeting ter hoogte van elk vertrek naar koude bronnen.
- Temperatuurmeting ter hoogte van elk vertrek naar warme bronnen.
- Energiemeting van de uitgewisselde energiehoeveelheden met de bodem (Warmte en koude).
- Energiemeting van de uitgewisselde energiehoeveelheden met het proces (geleverde warmte en koude).

- Meting van het totaal elektrisch verbruik van de open opslag en van alle componenten die er rechtstreeks op zijn aangesloten (circulatiepompen, warmtepompen, onderwaterpompen, ...)

Alle bovenstaande grootheden worden permanent gemonitord. Met uurlijkse frequentie worden de waarden weggeschreven in een register. Dit register kan ten allen tijde door de bevoegde controle autoriteiten worden ingezien.

Meting van physico-chemische parameters

Voorwaarden met betrekking tot ontwerp en aanleg

Voor de opstart van de open opslag wordt een mengstaal van grondwater afkomstig uit de koude bronnen genomen.

Voor de opstart van de open opslag wordt een mengstaal van grondwater afkomstig uit de warme bronnen genomen.

De mengstalen worden genomen aan de staalnamekraantjes die aan de koude en de warme zijde van de warmtewisselaars voorzien zijn.

De mengstalen worden genomen met alle bronnen in dienst.

Veldmetingen

- pH
- Eh
- Ec
- O₂
- T

Laboanalyses

- Metalen
- Anionen
- Kationen
- TOC
- Koolwaterstoffen
- VOCL
- PAK

Voorwaarden met betrekking tot uitbating

Jaarlijks wordt een mengstaal van grondwater afkomstig uit de koude bronnen genomen.

Jaarlijks wordt een mengstaal van grondwater afkomstig uit de warme bronnen genomen.

De mengstalen worden genomen aan een gecentraliseerd staalnamepunt.

De mengstalen worden genomen met alle bronnen in dienst.

Veldmetingen

- pH
- Eh

- Ec
- O2
- T

Laboanalyses

- Metalen
- Anionen
- Kationen
- TOC
- Koolwaterstoffen
- VOCL
- PAK

Documenten

Voorwaarden met betrekking tot ontwerp en aanleg

Volgende documenten dienen te worden bijgehouden in het dossier met betrekking tot de installatie.

- Boorstaten en putschema's
- Een technisch plan waarop alle componenten van de installatie zijn weergegeven.
- Technische fiches van alle componenten.
- IJkingsrapporten van alle hierboven opgegeven meetapparatuur.
- De analyseresultaten van de grondwaterstalen.
- Het conformiteitsattest afgeleverd door het BIM.

Voorwaarden met betrekking tot uitbating

Elk jaar wordt een elektronisch opvolgingsdossier van de opslag overgemaakt aan het BIM.

Dit dossier bevat :

- Data en grafische voorstelling van de evolutie van de systeemdruk van het secundair circuit.
- Data en grafische voorstelling van de evolutie van de systeemdruk van het grondwatercircuit.
- Data en grafische voorstelling van de evolutie van de grondwaterpeilen in de verschillende onttrekkingsbronnen.
- Data en grafische voorstelling van de evolutie van de grondwaterpeilen in de geplaatste peilbuizen.
- Data en grafische voorstelling van de onttrekkings- en injectietemperatuur ter hoogte van de bronnen.
- Data en grafische voorstelling van de warmtevraag aan het secundair systeem.
- Data en grafische voorstelling van de koudevraag aan het secundair systeem.
- Data en grafische voorstelling van de warmtevraag aan het grondwatersysteem.
- Data en grafische voorstelling van de koudevraag aan het grondwatersysteem.
- Data en grafische voorstelling van de elektriciteitsvraag van de volledige installatie.
- Data en grafische voorstelling van het onttrokken en geïnfilteerd grondwater in elk van de clusters.

- Resultaten van de veldtesten en physico-chemische metingen en een grafische weergave van deze parameters sinds de referentiemeting bij de aanleg van de installatie.

Opstarten van de installatie

Voorwaarden met betrekking tot ontwerp en aanleg

Vooraleer de installatie wordt opgestart dient zij conform te zijn met de bovenstaande bepalingen. Hiertoe laat de opdrachtgever de installatie controleren door een hiertoe door het BIM erkend controle organisme. Indien de installatie conform wordt bevonden dan wordt een conformiteitsattest afgeleverd. Dit conformiteitsattest wordt toegevoegd aan de officiële documenten die horen bij de installatie.

Bijzondere voorwaarden met betrekking tot open geothermische systemen

Verspreiden van op de site aanwezige verontreinigingen

Voorwaarden met betrekking tot ontwerp en aanleg

Op de site worden verontreinigingen aangetroffen. Deze verontreinigingen dienen gesaneerd te worden tot op het niveau van de bodemsaneringsnorm vooraleer de werkzaamheden voor de installatie mogen worden opgestart. Indien dit om technische redenen niet kan dan dient de verontreiniging geïmmobiliseerd te worden zodat zij zich niet kan verplaatsen tengevolge van de aanleg of de uitbating van de installatie. Zolang er geen geldig saneringsattest afgeleverd is, kan de vergunning voor de installatie (opslag of onttrekking) niet worden afgeleverd.

Voorwaarden met betrekking tot uitbating

-

Aantrekken en verplaatsen van verontreinigingen buiten de site maar binnen de invloedssfeer van de installatie

Voorwaarden met betrekking tot ontwerp en aanleg

Het volumetrisch evenwicht van de opslag wordt opgevolgd met behulp van debietmeters die de onttrokken en geïnfiltrerde volumes per onttrekkings- en infiltratiezone opvolgen.

Voorwaarden met betrekking tot uitbating

Omwille van de mogelijke verplaatsing van bestaande verontreinigingen binnen de invloedssfeer van de installatie wordt het verplaatste grondwatervolume per seizoen beperkt tot m³/seizoen.

De installatie wordt zo uitgebaat dat er over een glijdende periode van 3 jaar gelijke hoeveelheden grondwater worden onttrokken aan en geïnfiltrerd in de vooraf afgebakende onttrekkings- en infiltratiezones.

Lekken van milieuvreemde stoffen naar de bodem – vloeistoffen tot en met categorie 3 volgens NBN EN 1717

Voorwaarden met betrekking tot ontwerp en aanleg

Het secundair circuit (installatie, gebouw, proces, ...) en het grondwatercircuit dienen gescheiden te worden door een ondoorlatende scheidingswand. De warmteoverdracht tussen beide circuits mag enkel gebeuren door straling en geleiding. De scheiding is van voldoende mechanische sterkte en heeft een duurzaamheid die minstens gelijk is aan de levensduur van het systeem bij de gebruikscondities van het systeem.

Het secundair circuit is gevuld met zuiver leidingwater zonder additieven.

Het secundair circuit is uitgerust met een lekdetectiesysteem op basis van drukmeting. Het circuit wordt in geen geval automatisch bijgevoerd.

Het primair systeem is uitgerust met een lekdetectiesysteem op basis van drukmeting.

Voorwaarden met betrekking tot uitbating

De systeemdruk van het secundair circuit wordt permanent gemonitord. Hiertoe wordt op uurbasis een register aangelegd van de systeemdruk.

De systeemdruk van het grondwatersysteem wordt permanent gemonitord. Hiertoe wordt op uurbasis een register aangelegd van de systeemdruk. Indien de druk tijdens een rustsituatie daalt tot onder een minimum dan wordt de installatie automatisch uitgeschakeld.

Het primair systeem wordt tijdens een rustsituatie permanent op druk gehouden. De overdruk van het grondwatercircuit t.o.v. het secundair circuit bedraagt in de rustsituatie en ter hoogte van de scheiding tussen beide systemen minstens 1 bar.

Indien het drukverschil tijdens de rustsituatie daalt onder 1 bar dan wordt de installatie automatisch uitgeschakeld.

Lekken van milieuvreemde stoffen naar de bodem – vloeistoffen tot en met categorie 4 volgens NBN EN 1717

Voorwaarden met betrekking tot ontwerp en aanleg

Het secundair circuit (installatie, gebouw, proces, ...) en het grondwatercircuit dienen gescheiden te worden door twee in serie geplaatste ondoorlatende scheidingswanden. De warmteoverdracht tussen de diverse circuits mag enkel gebeuren door straling en geleiding. De scheidingswanden zijn van voldoende mechanische sterkte en hebben een duurzaamheid die minstens gelijk is aan de levensduur van het systeem bij de gebruikscondities van het systeem. Het tussencircuit is zo uitgerust dat lekken gedetecteerd kunnen worden zonder dat er een verontreiniging is van het grondwater.

Deze maatregel is veel gemakkelijker te controleren en biedt een waterdichte garantie op het vermijden van verontreiniging. Daarom is deze maatregel te verkiezen boven de maatregel t.b.v. vloeistoffen tot en met categorie 3.

Voorwaarden met betrekking tot uitbating

-

Beïnvloeding van bestaande grondwaterwinningen.

Voorwaarden met betrekking tot ontwerp en aanleg

Het grondwaterpeil ter hoogte van punt X wordt permanent gemonitored.

Voorwaarden met betrekking tot uitbating

Het grondwaterpeil ter hoogte van punt X op de site mag niet dalen onder of stijgen tot boven niveau m-TAW.

Hiertoe wordt op uurbasis een register aangelegd van het grondwaterpeil. Indien het grondwaterpeil op de site daalt tot onder of uitstijgt boven het opgelegde peil dan wordt de installatie automatisch uitgeschakeld of dient de capaciteit automatisch begrensd te worden tot een waarde waarbij de grondwaterverlaging voldoet aan de milieuvergunningvoorwaarden.

Beïnvloeding van bestaande geothermische systemen.

Voorwaarden met betrekking tot ontwerp en aanleg

Het energetisch evenwicht van de opslag wordt opgevolgd met behulp van energiemeters die de onttrokken en geïnjecteerde energiehoeveelheden per onttrekkings- en infiltratiezone opvolgen.

Voorwaarden met betrekking tot uitbating

De netto hoeveelheid warmte die door de installatie over de volledige levensduur mag worden onttrokken aan de ondergrond bedraagt MWh.

De netto hoeveelheid koude die door de installatie over de volledige levensduur mag worden onttrokken aan de ondergrond bedraagt MWh.

De installatie wordt zo uitgebaat dat er over een glijdende periode van 3 jaar en bovenop de hierboven opgegeven hoeveelheden, geen netto koude of warmte wordt onttrokken aan het volledige opslagveld.

Beïnvloeding van het grondwaterpeil ter hoogte van het maaiveld of ter hoogte van bouwkundige werken.

Voorwaarden met betrekking tot ontwerp en aanleg

Het grondwaterpeil ter hoogte van punt wordt permanent gemonitored.

Voorwaarden met betrekking tot uitbating

Het grondwaterpeil ter hoogte van punt op de site mag niet dalen onder of stijgen tot boven niveau m-TAW. Er wordt op uurbasis een register aangelegd van het grondwaterpeil. Indien het grondwaterpeil op de site daalt tot onder of uitstijgt boven het

opgelegde peil dan wordt de installatie automatisch uitgeschakeld of dient de capaciteit automatisch begrensd te worden tot een waarde waarbij de grondwaterverlaging voldoet aan de milieuvergunningvoorwaarden.

Zettingen ten gevolge van een verlaagd grondwaterpeil.

Voorwaarden met betrekking tot ontwerp en aanleg

Het grondwaterpeil ter hoogte van punt wordt permanent gemonitord.

Voorwaarden met betrekking tot uitbating

Het grondwaterpeil ter hoogte van punt op de site mag niet dalen onder of stijgen tot boven niveau m-TAW. Er wordt op uurbasis een register aangelegd van het grondwaterpeil. Indien het grondwaterpeil op de site daalt tot onder of uitstijgt boven het opgelegde peil dan wordt de installatie automatisch uitgeschakeld of dient de capaciteit automatisch begrensd te worden tot een waarde waarbij de grondwaterverlaging voldoet aan de milieuvergunningvoorwaarden.

Invloed op de bestaande vegetatie.

Voorwaarden met betrekking tot ontwerp en aanleg

Het grondwaterpeil ter hoogte van punt wordt permanent gemonitord.

Voorwaarden met betrekking tot uitbating

Het grondwaterpeil ter hoogte van punt op de site mag niet dalen onder of stijgen tot boven niveau m-TAW. Hiertoe wordt op uurbasis een register aangelegd van het grondwaterpeil. Indien het grondwaterpeil op de site daalt tot onder of uitstijgt boven het opgelegde peil dan wordt de installatie automatisch uitgeschakeld of dient de capaciteit automatisch begrensd te worden tot een waarde waarbij de grondwaterverlaging voldoet aan de milieuvergunningvoorwaarden.

Thermische beïnvloeding van de diepe ondergrond.

Voorwaarden met betrekking tot ontwerp en aanleg

Het volumetrisch evenwicht van de opslag wordt opgevolgd met behulp van debietmeters die de onttrokken en geïnfiltrerde volumes per onttrekkings- en infiltratiezone opvolgen.

Het energetisch evenwicht van de opslag wordt opgevolgd met behulp van energiemeters die de onttrokken en geïnjecteerde energiehoeveelheden per onttrekkings- en infiltratiezone opvolgen..

Voorwaarden met betrekking tot uitbating

De netto hoeveelheid warmte die door de installatie over de volledige levensduur mag worden onttrokken aan de ondergrond bedraagt MWh.

De netto hoeveelheid koude die door de installatie over de volledige levensduur mag worden onttrokken aan de ondergrond bedraagt MWh.

De installatie wordt zo uitgebraat dat er over een glijdende periode van 3 jaar gelijke hoeveelheden grondwater worden onttrokken aan en geïnfiltreerd in de vooraf afgebakende onttrekkings-en infiltratiezones.

De installatie wordt zo uitgebraat dat er over een glijdende periode van 3 jaar gelijke hoeveelheden energie worden onttrokken aan en geïnfiltreerd in het volledige opslagveld

7.2.2 Bijkomende uitbatingsvoorwaarden (Technische Randvoorwaarden)

Drukbehoud

Het grondwatercircuit wordt met behulp van een drukbehoudregeling permanent op overdruk gehouden t.o.v. de atmosfeer. Deze minimale overdruk is afhankelijk van de ontgassingsdruk van het grondwater doch bedraagt minimaal 0,5 bar.

Beperking van het netto waterverbruik

Het doel van de open opslag is het netto waterverbruik volledig uit te sluiten.

Omwille van onderhoud kan het nodig zijn om periodiek de bronnen en het leidingssysteem te spuien.

Het lozen van grondwater op de riolering mag niet structureel worden toegepast in geval van technische problemen.

Daarom zal een beperking worden opgelegd aan het netto waterverbruik.

De spuihoeveelheid is gerelateerd aan het maximaal opgestelde onttrekkingsdebiet van de installatie (koude + warme bronnen) en bedraagt bvb. maximaal 12 x dit opgestelde debiet uitgedrukt in m³. Dit betekent dat er elke bron gedurende elke maand gemiddeld 1 uur gespuid mag worden. Al het overige water dient geherinfiltreerd te worden.

7.2.3 Maatregelen bij wijziging van de installatie

De eigenaar respecteert de bestaande wetgeving met betrekking tot het op de hoogte stellen van de bevoegde overheid van wijzigingen.

7.2.4 Maatregelen bij stopzetting van de uitbating

Bij het beëindigen van de uitbating kunnen volgende eisen gesteld worden :

- Het opvullen en afwerken van de onttrekkingsbronnen conform een code van goede praktijk voor het stopzetten van waterwinningen.
- Het herstellen van de oorspronkelijk bodemtemperatuur door het verpompen van koud water naar de warme bel of omgekeerd.

7.2.5 Maximale uitbatingsperiode

De uitbatingsperiode van de installatie bedraagt maximaal 30 jaar. Na die periode is een grondige revisie van de installatie aan de orde en kunnen nieuwe technieken worden geïntegreerd in het systeem met het oog op efficiëntieverbeteringen.

7.3 Gesloten systemen

In deze paragraaf beschrijven we de milieuexploitatievoorwaarden voor gesloten systemen (technieken TECH-3 tot en met TECH-6). Voor TECH-7 worden geen milieuexploitatievoorwaarden opgelegd vermits voor deze techniek quasi geen milieueffecten kunnen optreden. Voor deze systemen wordt enkel gevraagd het technisch verslag te willen invullen. Tabel 40 tot en met Tabel 43 tonen voor de technieken TECH-3 tot en met TECH-6 een samenvatting van de milieuexploitatievoorwaarden bij de verschillende fases van het project.

Bijlage 3 geeft een leidraad voor de geothermische dossiers en vat per techniek en per sector de noodzakelijke documenten en milieuexploitatievoorwaarden per techniek samen.

Er wordt in de tabellen geen verder onderscheid gemaakt in milieuexploitatievoorwaarden naar systeemgroottes of sector vermits de meeste voorwaarden globaal geldig zijn.

7.3.1 Milieuvergunningsvoorwaarden met betrekking tot ontwerp en plaatsing

MV 1: Melden van ingebruikname geothermische installatie

Bij een ingebruikname van een geothermische installatie dient zij conform te zijn aan de wettelijke bepalingen van het BIM. Zo dient op zijn minst een technisch verslag te worden afgeleverd aan de bevoegde instantie. Hiertoe wordt voor de tertiaire toepassingen een controle ter plaatse uitgevoerd door het BIM, voor de residentiële toepassingen is dit niet vereist. Indien de installatie conform wordt bevonden dan wordt een conformiteitattest afgeleverd. Dit conformiteitattest wordt toegevoegd aan de officiële documenten die horen bij de installatie.

MV 2: Energetische balans

Voor het behouden van de energetische balans in de bodem worden volgende milieuexploitatievoorwaarden en submaatregelen voorgesteld.

Uitvoeren van een thermische respons test (TRT)

Indien uit de haalbaarheidsonderzoek blijkt dat een geothermische installatie mogelijk is, kan een thermische respons test worden uitgevoerd. De bepaling van de thermische bodemkarakteristieken is bepalend voor een goed en correct ontwerp van een installatie. Voor verdere info oa. tijdstip, kenmerken, ed. wordt verwezen naar paragraaf 4.6.3 (Thermische respons test) en bijlage 4 (beschrijving thermische respons test).

MV3: Eisen stellen aan maximaal vermogen

Bij het ontwerp van een geothermische installatie dienen randvoorwaarden te worden opgelegd aan het maximaal te onttrekken vermogen. We drukken dit uit in een maximaal temperatuurniveau bij winter- en zomerbedrijf.

De maximale fluidumtemperatuur bij zomerbedrijf (dus in koelregime of vrije koeling) bedraagt maximaal 25°C en in winterbedrijf (dus in verwarmingsregime) maximaal 0°C. Deze

eisen laten toe dat de bodem of de grondwater niet mag opgewarmd worden boven de uiterste limiet of niet mag bevroren worden op de onderste limiet. Deze eisen zijn voor alle sectoren van toepassing (residentieel, tertiair en industrie).

MV4: Eisen naar fluïdum

Bij de milieuexploitatievoorwaarden worden tevens eisen gesteld naar het gebruikte fluïdum in de bodemsystemen. Volgende submaatregelen vallen nog onder dit aspect :

- Geen antivries of ethyleenglycol gebruiken
- Propyleenglycol gebruiken
- Ander fluïdum gebruiken
- Lekdetectieapparatuur
- Periodieke controle van lektheid
- Voorzien van afsluiters per bodemcircuit
- Dubbelwandige warmtewisselaar toepassen

Gebruikte fluïdum

Voor alle residentiële, tertiaire en industriële toepassingen wordt het gebruik van monopropyleenglycol aanbevolen boven het gebruik van een antivriesmengsel zoals ethyleenglycol. Indien de toepassing het toelaat kan ook water gebruikt worden maar dient de kans op bevriezing van het water gecontroleerd te worden.

Monopropyleenglycol is minder schadelijk en wordt gebruikt voor menselijke consumptie, breekt sneller af indien het in de bodem lekt/komt maar is duurder. Gevallen van een monopropyleenglycol vergiftiging zijn veelal de oorzaak van een onaangepast gebruik door kinderen. De orale toxiciteit van monopropyleenglycol (MP) is heel laag. Er zijn gegevens bekend van het gebruik van 5% MP over een periode van 104 weken met geen enkel nadelig effect. Vanwege deze kenmerken wordt MP toegelaten als direct voedingsadditief en wordt algemeen aanvaard als veilig. Ernstige toxiciteit kan enkel ontstaan door een hoge dosis gedurende een relatieve korte periode want niet kan vanuit voedingsopname (maximum 1g/kg MP). Propyleenglycol is een glycol (d.w.z. een organische verbinding gekenmerkt door twee afzonderlijke hydroxyl- (OH-) groepen). Het is een reukloze en kleurloze viskeuze vloeistof, die verkregen wordt door de hydrolyse van propeenoxide. Propyleenglycol wordt door de World Health Organization gezien als niet-toxisch bij lage concentraties en mag gebruikt worden in voeding, cosmetica en medicijnen.

De milieu-impact van monopropyleenglycol naar de bodem is dus te verwaarlozen. Cijfers omtrent afbreekbaarheid of afbreeksnelheid per bodemtype zijn niet terug te vinden wegens te weinig ervaring. In [12] worden maximale toegestane waarden van monopropyleenglycol in de bodem en in grondwater vastgelegd op respectievelijk 146 mg/kg en 107 mg/liter.

Teven is volgens [12] de kans op lekken bij horizontale bodemwarmtewisselaars groter dan bij verticale bodemwarmtewisselaars. Men kan hier evenwel niet spreken over een milieurisico vermits de kans echter heel klein is en het hier gaat over statistische gegevens wat niet wil zeggen dat elk systeem per definitie lekt naar de bodem. Er wordt geadviseerd om alle systemen met wisselaars op druk af te testen (zie paragraaf 0).

In de literatuur zijn er alternatieven beschreven voor monopropyleenglycol zoals bietensap, ethanol, ed. maar enige praktijkervaringen bij geothermische systemen ontbreken [8]. In het buitenland wordt doorgaans monopropyleenglycol gebruikt. Tabel 39 toont de specificaties van de verschillende antivries producten.

Tabel 39: Specificaties verschillende antivries producten

T= 15 °C	Vriespunt (°C)	Viscositeit (mPa-s)	Specifieke warmte (kJ/kg-K)	Geleidbaar- heid (W/m-K)	Dichtheid (kg/m ³)
Water	0	1,14	4,19	0,59	999,3
ethanol-15%	-6.7	2,23	4,36	0,49	976,7
ethanol-30%	-20.3	3,22	4,20	0,41	957,1
methanol-15%	-5.1	1,70	4,16	0,51	975,3
methanol-30%	-25.5	2,11	3,90	0,42	954,0
Prop. Glycol-15%	-5.1	2,02	4,07	0,51	1012
Prop. Glycol-30%	-13.1	3,61	3,91	0,44	1026

Indien een geothermisch systeem met monopropyleenglycol zou lekken naar de bodem of in de technische ruimte is het vooreerst van belang dat het lekken naar de bodem gedetecteerd of gesignaleerd (via een alarmmelding) wordt en dat de installatie (tijdelijk) buiten dienst wordt gesteld. Door het voorzien van afsluiters per bodemcircuit kan dan het lekken na de bodem wordt gestopt en de bodemwisselaars buiten dienst worden genomen (zie ook maatregelen in paragraaf 7.3.3).

Lekdetectieapparatuur

Er wordt aangeraden om op geothermische installaties lekdetectieapparatuur te plaatsen onder de vorm van een druksensor op het bodemcircuit. In de regeling van de installatie dient een beveiliging te worden opgenomen die bij te lage druk (of te hoge druk) de opstart van de installatie onmogelijk maakt en een alarmsignaal genereert (enkel voor tertiaire en industriële toepassingen en niet voor residentieel).

Periodieke controle van lekdichtheid

Er wordt geadviseerd om het % antivries en de druk in het bodemcircuit bij oplevering, bij bijvullen en na 1 jaar te controleren. Hiervoor kan een controleformulier (of logboek) bij de installatie of in de technische ruimte van het gebouw worden opgenomen met de registraties. Dit is van toepassing voor elke installatie.

Voorzien van afsluiters per circuit

Om bij een eventueel lek naar de bodem niet het gehele bodemsysteem buiten dienst te moeten stellen worden op elk bodemcircuit een afsluiter voorzien. Bij een lek kan dan de bewuste bodemwarmtewisselaar buiten dienst worden gesteld en eventueel afgekoppeld worden van de hoofdcollector en opgevuld worden met een bentoniet mengsel.

Dubbelwandige warmtewisselaar toepassen

Om de lekkans nog te verminderen wordt voorgesteld om de warmtewisselaar tussen bodemcircuit en HVAC installatie dubbelwandig uit te rusten. Warmtewisselaar selecteren op

de gestelde werkpunten (temperatuurwaarden bij gegeven debieten en ten minste bij minimaal en maximaal debiet). Tevens dient het materiaal bestand te zijn tegen zowel het primaire als het secundaire media, drukken, ed.. Drukvalen en thermisch rendement afstemmen op alle voorkomende bedrijfssituaties.

MV5: Voorzie de nodige energie-, druk- en temperatuurmeters

Bij het ontwerp en plaatsing van een installatie dienen de nodige druk, temperatuur en energiemeters te worden voorzien. Deze eis is enkel geldig bij tertiaire en industriële toepassingen. Voor de residentiële toepassingen wordt dit niet gevraagd daar de kostprijs in verhouding tot de totale investeringskost te hoog is. We verwijzen naar paragraaf 7.3.2 voor verdere specificaties welke metingen nodig zijn.

MV6: Boorgat adequaat grouten

Voor de milieuexploitatievoorwaarden dienen tevens eisen gesteld te worden naar het adequaat afdichten of grouten van het boorgat. Volgende eisen worden gesteld:

- Maak gebruik van een geschikt grouting materiaal en vul boorgat volledig op van beneden naar boven;
- Het boorgat wordt bovenaan afgedicht met een kleistop om verontreiniging van de grondwaterlagen te voorkomen;
- Voor het uitvoeren van boringen kan aan de aannemer een lijst met vergelijkbare referenties worden opgevraagd om te checken of geothermische kennis aanwezig is;
- De techniek van spoelboren of zuig/lichtboren is aan te bevelen;
- Bij het boren van verticale bodemwarmtewisselaars zijn gangbare diameters 0,15 – 0,18 m.

De afvulling van het boorgat of grouten is cruciaal om een optimaal warmtetransport te bekomen, vandaar dat dit zo adequaat mogelijk dient te gebeuren. De bodemwarmtewisselaar in het boorgat dient over de gehele diepte en van onderuit te worden afgevuld en afgedicht met schoon vulmateriaal. Dit vulmateriaal bestaat uit een verbeterde thermische grout (Thermal Enhanced Grout) of door een mengsel van bentoniet/zand/water en cement. Voor betere thermische eigenschappen wordt zand aan het bentoniet mengsel toegevoegd. De afvulling gebeurt via een vulleiding onder overdruk van onder naar boven, waarbij de vulopening steeds onder het niveau van het vulmateriaal in het boorgat blijft. Naargelang het niveau van het vulmateriaal in het boorgat stijgt, mag de vulleiding mee opgetrokken worden.

Het boren van geothermische systemen dient met een gepaste diameter te geschieden om te vermijden dat de bodemwisselaar niet in het boorgat kan aangebracht worden.

Wanneer waterscheidende lagen doorboord worden dient de waterscheidende werking van die lagen hersteld te worden door een voldoende afdichtend materiaal. Dit is noodzakelijk om menging van verschillende waterkwaliteiten te voorkomen.

Eisen gesteld aan grouting materiaal

Bij de milieuexploitatievoorwaarden dienen eisen gesteld te worden aan het gebruikte opvul of grouting materiaal. Hiervoor bestaan verschillen de opties:

- (1) opvullen van het boorgat met de boorresten
- (2) het gebruik van en bentoniet, zand, cement en watermengsel
- (3) het gebruik van een thermische verbeterde materiaal.

Het opvullen van het boorgat met de boorresten (optie 1) wordt niet gepromoot omwille van onvoldoende afdichtendheid om bijv. verschillende waterlagen niet met mekaar in verbinding te brengen. Optie 2 en 3 zijn de beste en geven een voldoende garantie op afdichting van het boorgat. Voor optie 2 wordt er echter nationaal en internationaal verschillende mengverhoudingen gehanteerd. Vooral de verpompbaarheid van dit mengsel kan soms tot problemen leiden. Het gebruik van optie 3 heeft onze voorkeur en heeft een bijkomend voordeel dat de samenstelling van het mengsel steeds dezelfde is voor elke toepassing. Het gebruik van deze mengsels verbetert de thermische weerstand van het boorgat. Er zijn op de markt voldoende beschikbare vulmaterialen beschikbaar (bijv. Stuwatherm, Thermocem®: geleidbaarheid ≥ 2 W/mK, permeabiliteitsindex 1×10^{-8} m/s). Kostprijs van dergelijke materialen ligt iets hoger dan de mengsels uit optie 2 maar bij voldoende vraag dalen deze prijzen.

Het is aan te raden om bij de uitvoering van een thermische respons test en geothermische projecten in de residentiële, tertiaire en industriële toepassingen steeds het gebruik van deze materialen te vragen. De aanvrager dient bij zijn technisch dossier een beschrijving te geven welk materiaal gaat gebruikt worden en de specificaties van het materiaal met leveranciersinfo te staven.

MV7: Eisen aan gebruikte materialen

Aan het materiaal dienen volgende eisen gesteld te worden:

- Gebruik van geprefabriceerde polyethyleen leidingen
- Gebruik van zelfde materiaal voor bochten, T-stukken, ed.
- Voorleggen van een technisch as-built dossier van de geothermische installatie
- Gebruik van afstandhouders bij verticale bodemwarmtewisselaars
- Voor U-lus bodemwarmtewisselaars worden volgende uitwendige diameters gehanteerd: 0.02, 0.025, 0.032 en 0.040 m
- Voor concentrische warmtewisselaars worden de volgende uitwendige diameters gebruikt (buiten-/binnenhuis): 0.04/0.025m of 0.05/0.025m

Bodemwarmtewisselaars bestaan uit polyethyleenmateriaal op rol verkrijgbaar en zeer goed verlasbaar. De PE lussen dienen geprefabriceerd en op rol te worden aangeleverd. De aannemer maakt gebruik van fabrieksmatige geprefabriceerde en geteste bodemwarmtewisselaars. Het dichtheidsattest dient bijgevoegd te worden in het technisch dossier. Voorkom verontreinigingen en beschadigingen van de wisselaars. Voor gebruik worden de wisselaars visueel geïnspecteerd. Beschadigde wisselaars of leidingmateriaal worden niet toegepast. Al het materiaal dient op de werf afgeschermd te worden van direct zonlicht om schade te voorkomen. Na het plaatsen dienen de buisuiteinden steeds voorzien te worden van beschermdoppen. De materiaaleigenschappen van de bochten, de T-stukken en de verbindingsleiding dienen overeen te komen met deze van de wisselaars. De stijfheidsklasse bedraagt SN8 of gelijkwaardig (bestand tegen een uitwendige druk van 5 bar). De wisselaars

dienen gemerkt te zijn met typeaanduiding, fabricagedatum, drukklasse, wanddikte en een lengtemarkering (per meter). Op de lengte van de wisselaars is er per dubbele U-lus een overlengte van 2 m voorzien. De verbindingen tussen de lussen onderling en tussen de warmtewisselaars en de collectoren gebeurt met een HDPE buis met dezelfde eigenschappen als de U-lussen. Alle koppelingen met een diameter kleiner dan DN 50 worden bij voorkeur gelast via moflas.

Voordat de aannemer met de werken start, legt hij een technisch dossier voor met een inplantingsplan van de geothermische installatie en de afstandsleiding met nummering van de wisselaars en referentie ten opzichte van het gebouw.

Tijdens het inbrengen van de warmtewisselaar wordt om de 2 m een kunststof afstandhouder voorzien. Er dient op gelet te worden dat de afstandshouders bij het inbrengen van de warmtewisselaar op hun plaats blijven zitten. Daarom dienen de afstandshouders aangebracht te worden op moment dat de bodemwarmtewisselaar ingebracht wordt en niet van tevoren. De warmtewisselaars worden met schoon water (minimaal drinkwaterkwaliteit) gevuld en onder een overdruk (2 - 3 bar) ingebracht. Daarbij worden ze nog verzwaaard aan de onderzijde. Elk uiteinde van een bodemwarmtewisselaar dient afgedopt, afgetaped en gemarkeerd te worden met gekleurde plakband opdat deze achteraf correct verbonden worden.

De bereikte einddiepte wordt genoteerd aan de hand van de markeringen op de warmtewisselaars en dit wordt in het dagboek der werken bijgehouden. Uiteraard dienen alle wisselaars volledig van diepte te zitten. De aannemer dient hier strikt op toe te zien.

Indien zich tijdens het boren of het inbrengen problemen (vb. inkalven) zouden voordoen waardoor 1 of meerdere wisselaars niet op de volledige diepte gebracht kunnen worden, zal dit leiden tot het bijboren van een extra gat of gaten. Het plaatsen van deze extra voorzieningen (boorgaten, wisselaars, extra aansluiting op collector, ...) geeft geen recht op meerprijzen. Het voorzien van afstandshouders op verticale bodemwarmtewisselaars is een must omwille van het vermijden van thermische kortsluiting.

Volgende submaatregelen vallen nog onder dit aspect :

- Gebruik zelfdovende en niet zelfontbrandende materialen
- Gebruik aangepaste drukklasse
- Kwaliteitseisen leidingen en pomp
- Laswerkzaamheden

Kwaliteitseisen leidingen en pomp

Om het energieverbruik voor pompen te beperken wordt in [8] voorgesteld om het pompvermogen niet meer dan 2% van het bodempiekvermogen te laten bedragen. In de praktijk komt dit neer op een 50 kPa. Er wordt geadviseerd om de warmtepomp alsook de bronpompen met een variabel toerental uit te voeren.

Pompen selecteren op de berekende werkpunten (opvoerhoogtes bij gegeven debieten, ten minste bij minimaal en maximaal debiet). Aan de hand van technische specificaties moet zijn vastgesteld dat de eigenschappen van de pompen overeenkomen met de ontwerpeisen. Indien de pompen frequentie geregeld worden dienen de pompen, bekabeling en de frequentieregelaar, afzonderlijk en gecombineerd als een samengebouwd geheel, op elkaar

afgestemd te worden. Eventuele aanvullende eisen en randvoorwaarden dienen opgenomen te worden.

Richtlijnen voor de laswerkzaamheden

De laswerkzaamheden dienen uitgevoerd te worden door gekwalificeerd personeel. De lasapparatuur dient jaarlijks gekeurd te zijn. De plaats waar de laswerkzaamheden uitgevoerd worden, moet afgeschermd worden tegen externe invloeden zoals regen, wind, sterke zonnestraling en temperaturen onder de 5 °C. Het aantal gemaakte verbindingen dient tot een strikt minimum beperkt te worden. Verbindingen in verticale leidingen of leidingdelen zijn verboden. Alle verbindingen en koppelingen kleiner dan DN 50 worden gemaakt via moflas, de connecties groter dan of gelijk aan DN 50 worden gemaakt via elektromoflas. Daarbij is het uitermate belangrijk dat het leidingwerk eerst accuraat afgesneden wordt, dat de buis goed geruimd of gekalibreerd wordt, dat alle bramen verwijderd worden, dat vreemde materialen verwijderd worden (vb. zanddeeltjes, gras ...) en dat de buis goed gereinigd wordt. Om een optimale las te bekomen, dient het lasoppervlak vlak te zijn en loodrecht te staan op de buisas. Daarna worden de lasuiteinden ontvet met een geschikt reinigingsmateriaal. Na het uitvoeren van de las, wordt deze een voldoende afkoeltijd gegund. Voor de verdere uitvoering van lasverbindingen wordt naar de montagevoorschriften en specificaties van de leverancier van de lasmoffen en van de lasapparatuur verwezen. Deze dienen altijd strikt gevolgd te worden.

MV8: Eisen naar boringen

Volgende eisen worden gesteld naar de boringen (zie ook taak 1):

- Boorgatmeting of uitvoering van thermische respons test
- Boringen worden uitgevoerd volgens de regels van goed vakmanschap en gebruik van gepaste boormethode. Elke verontreiniging van het grondwater, de bodem of schade aan het milieu dient vermeden te worden
- Verboden om verschillende watervoerende lagen met elkaar in verbinding te brengen. Aanbrengen van kleistoppen ter hoogte van scheidende lagen
- Opstellen van een boorbeschrijving en het bezorgen van boorinformatie aan vergunningsverlenende instantie met oa.
 - Boorverslag met beschrijving van de aard van de aangeboorde lagen
 - Geologische en geohydrologische beschrijving van de lagen
 - Technische beschrijving van de uitrusting van het boorgat (type wisselaar, gebruikte grouting materiaal, diameter boorgat, gebruik afstandshouders, ed.)
 - Diepte van het grondwater in rust ten opzichte van maaiveld
 - Lambertcoördinaten + aanduiding op kaart

Boorgatmeting of thermische respons test

We verwijzen hier naar de beschrijving in paragraaf 4.6.3.

7.3.2 Milieuvergunningvoorwaarden met betrekking tot de uitbating

In deze paragraaf worden de milieuexploitatievoorwaarden beschreven voor het beheer en onderhoud van een installatie of de uitbating. Onder beheer wordt verstaan:

- (1) het opvolgen van eventuele storingen
- (2) bewaken van de vergunningsvoorwaarden
- (3) bewaken van de energiebalans

Onder onderhoud wordt verstaan de werkzaamheden die moeten toelaten dat de werking van de installatie op langere termijn is gegarandeerd en eventuele afwijkingen kunnen gesignaleerd en opgelost worden. Aandacht voor een goed beheer en onderhoud van een installatie is steeds wenselijk en belangrijk. Het beheren van de voorradige energie in de bodem blijft altijd belangrijk.

MV9: Voorzie een regelmatige inspectie van de geothermische installatie

Bij de uitbating van een geothermische installatie dient op regelmatige tijdstippen (bijv. om de 3 maanden) een inspectie te worden uitgevoerd van de verschillende componenten van de installatie. Dit kan bestaan uit een visuele inspectie van de putcollectoren, warmtewisselaars, druk in bodemcircuit, temperaturen, ed. Er wordt voorgesteld om een logboek aan te leggen met een registratie van de verschillende zaken die aan de installatie worden uitgevoerd. Deze eis is enkel geldig voor een tertiaire en industriële toepassingen. Voor de residentiële toepassingen wordt ervan uitgegaan dat de bewoner zijn installatie als goede huisvader beheert.

MV10: Registreer energie, druk en temperatuur

Installatie van een monitoringssysteem

Het is belangrijk om aan te geven dat zowel bij het ontwerp als bij de realisatie van een geothermisch project de installatie van een monitoringssysteem niet mag weggelaten worden. De opvolging van de installatie na de oplevering is zelfs nog belangrijker dan alle voorafgaande fases in het bouwproces. Monitoring van geothermische toepassingen wordt nog te weinig toegepast of weggelaten vanwege de kostprijs die in verhouding tot de totale installatiekost echter minimaal is. Vaak wordt ook de noodzaak van dergelijke monitoring niet ingezien. Doel is uiteindelijk om de prestaties van de installatie steeds op te volgen, te optimaliseren en om problemen te voorkomen met de milieuwetgeving. Resultaat zou een beheersbare installatie moeten zijn. Meer dan bij andere klassieke technologieën heeft een geothermische installatie een opvolging nodig om milieueffecten te vermijden.

Een monitoringssysteem moet ten minste voldoen aan een aantal voorwaarden:

- Eenvoudige rapporteringen
- Inzoomen in de datagegevens
- Automatische export/import uit gebouwbeheersystemen (GBS)
- Data bewaren in een database
- Alarmering bij afwijking

- Apart systeem buiten GBS vanwege real-time besturingssysteem met beperkte dataloggingsmogelijkheden
- Aanduiden van de belangrijkste signalen met de nodige codes op de meters
- Aanwezigheid van plannen in de technische ruimte

Energiemetingen

Inpandig worden energiemeters voorzien om de werking van het systeem te registreren. De belangrijkste meetgrootheden die deze energiemeters registreren zijn:

- opbrengst van de BEO, zowel koude als warmte (bidirectioneel)
- bijdrage van het BEO systeem met de warmtepomp aan de hogetemperatuurkoeling (unidirectioneel)
- bijdrage van het BEO systeem met de warmtepomp aan de lagetemperatuur-verwarming (unidirectioneel)

Temperatuurmetingen

De temperatuur van de geothermische installatie (in en uitgaande fluidum temperatuur) zijn tevens belangrijke eenheden. Alle noodzakelijke en vereiste meetopnemers voor bedrijfsvoering, onderhoud, monitoring en in het kader van vergunningen moeten worden bepaald en opgenomen.

Nazorg van de installatie

Na de installatie, de opstart en de oplevering is het belangrijk dat er opvolging is van de installatie om de goede werking te garanderen. Dit is zeker van toepassing voor een energieopslagsysteem. Tijdens de winterperiode wordt warmte onttrokken aan de bodem via de warmtepomp, globaal koelt de bodem hierdoor af. De alzo opgebouwde koudevoorraad dient voldoende groot te zijn om tijdens de ganse zomerperiode koeling te kunnen aanbieden aan het gebouw. Er wordt gestreefd naar een evenwicht tussen de energieoverdracht met de bodem in de beide richtingen (warmte onttrekken én injecteren). Door in te spelen op de instelparameters van het regelsysteem kan deze energiebalans geoptimaliseerd worden zodat de installatiewerking op lange termijn gegarandeerd blijft.

De volgende aspecten dienen opgenomen te worden:

- a) Het monitoren van de voornaamste installatieparameters van de installatie (energie, temperaturen, debieten,...) met behulp van de in het lastenboek voorziene meters en dataopslagsysteem;
- b) Het formuleren van aanbevelingen om de werking van het systeem te verbeteren/optimaliseren gedurende de meetperiode;
- a) Een rapport (jaarlijks, na elke meetperiode van 1 jaar) met analyse van de werking van het systeem.

Voor de uitvoering wordt uitgegaan van de aanwezigheid van energie-, temperatuur- en debietmeters én een performant monitoringssysteem die alle gegevens die nodig zijn voor de evaluatie kan loggen.

MV11: Rapporteer jaarlijks naar overheid omtrent energiehoeveelheden en temperatuur

Uiteindelijk kan een dergelijke monitoringssysteem instaan voor een jaarlijkse rapportage aan de vergunningsverlenende overheid waarbij de energiebalans en het verloop van de bodemtemperaturen worden aangegeven. Om een inzicht te krijgen in het functioneren van het systeem wordt voorgesteld om metingen uit te voeren en die jaarlijks te rapporteren aan de bevoegde instantie:

- Warmte die jaarlijks aan de bodem wordt onttrokken/geïnjecteerd
- Koude die jaarlijks aan de bodem wordt onttrokken
- Maximale en minimale temperatuur van het fluidum

7.3.3 Maatregelen bij stopzetting van de uitbating

Bij het beëindigen van de uitbating kunnen volgende eisen gesteld worden :

- Melden van stopzetting geothermische installatie aan vergunningsverlenende overheid
- Het boorgat afdichten met een grouting materiaal
- Het gebruikte fluïdum verwijderen en de bodemwarmtewisselaars vullen met een grouting materiaal

MV12: Melden van stopzetting geothermische installatie

Bij een definitieve stopzetting van de uitbating van een geothermische installatie dient dit gemeld te worden aan de vergunningverlenende overheid. Nadien is het niet meer toegelaten om de installatie terug in dienst te nemen zonder de overheid te verwittigen.

MV13: Gebruikte fluïdum verwijderen en warmtewisselaars opvullen

Bij de stopzetting van een installatie dient het fluïdum uit de bodemwarmtewisselaars te worden gepompt en verwijderd van de site of locatie op een volgens de overheid geschikte manier. De bodemwisselaars kunnen opgevuld worden met een grouting materiaal dat gemakkelijk kan verpompt worden. Er wordt aangeraden om een mengsel van bentoniet, water, cement en zand te gebruiken. De verwijdering van de bodemwarmtewisselaars is technisch niet meer mogelijk. Dergelijke procedure wordt voor enkel voor de tertiaire en industriële toepassingen vereist. Voor de residentiële toepassingen is dit niet nodig vanuit de te hoge investeringskost.

7.3.4 Maximale uitbatingperiode

Voor de geothermische systemen wordt een maximale vergunningsperiode van 30 jaar voorzien. Na verloop van deze periode kan de vergunning worden verlengd met telkenmale 10 jaar na positief advies van de vergunningsverlenende overheid. Er wordt een termijn voor een maximale uitbatingperiode gegeven van 50 jaar. De fabrikanten van bodemwarmtewisselaars geven een garantie van 50 jaar op hun producten. Na deze periode dient een grondige revisie van de installatie uitgevoerd te worden en kan een verlenging van nogmaals 10 jaar bekomen worden na gunstig advies van het BIM. Voor de aanvraag van de verlening van de milieuexploitatie kunnen de technische verslagen gebruikt worden.

7.3.5 Maatregelen bij wijziging van de installatie of uitbating

Bij elke wijziging aan de installatie of aan de uitbating van de installatie dient dit gemeld te worden aan het BIM. Het BIM dient toelating te geven om de installatie in de gewijzigde situatie verder in bedrijf te nemen.

Tabel 40: Milieuexploitatievoorwaarden TECH-3

TECH-3 (horizontale bodemwarmtewisselaars): Milieuexploitatievoorwaarden
Ontwerp en plaatsing (paragraaf 7.3.1)
<ul style="list-style-type: none"> - MV 1: Melden van ingebruikname geothermische installatie - MV4: Eisen naar fluidum <ul style="list-style-type: none"> o Geen antivries of ethyleenglycol maar monopropyleenglycol of water in de bodemwisselaars o Periodieke controle van lektheid (*) o Voorzien van afsluiters per bodemcircuit - MV5: Voorzie de nodige energie-, druk- en temperatuurmeters om de werking en prestaties van het geothermische systeem te kunnen opvolgen (*) - MV7: Eisen aan gebruikte materialen <ul style="list-style-type: none"> o Nieuw materiaal met aangepaste drukklasse, specificaties o Gebruik van geprefabriceerde polyethyleen leidingen o Gebruik van zelfde materiaal voor bochten, T-stukken, ed. o Voorleggen van een technisch dossier van de geothermische installatie o Aangeven van ligging horizontale warmtewisselaars
Beheer en onderhoud (paragraaf 7.3.2)
<ul style="list-style-type: none"> - MV9: Voorzie een regelmatige inspectie van de geothermische installatie - MV10: Registreer energie, druk en temperatuur (*) - MV: 11 Rapporteer jaarlijks omtrent energiehoeveelheden en temperatuur (*)
Stopzetting (paragraaf 7.3.3)
<ul style="list-style-type: none"> - MV12: Melden van stopzetting geothermische installatie - MV 13: Boorgat afdichten na stopzetting van de installatie en gebruikte fluidum verwijderen en opvullen met bentoniet mengsel
Maximale uitbatingperiode (paragraaf 7.3.4)
<ul style="list-style-type: none"> - Maximale periode van vergunning voor 30 jaar - Verlenging mogelijk met 2 maal 10 jaar tot maximum exploitatie van 50 jaar
Wijziging van de installatie of uitbating (paragraaf 7.3.5)
<ul style="list-style-type: none"> - Meldingsplicht van wijzigingen in de uitbating van de installatie

(*) enkel geldig voor tertiaire toepassingen, MV: milieuvergunningvoorwaarde

Tabel 41: Milieuexploitatievoorwaarden TECH-4

TECH-4 (boorgatenergieopslag): Milieuexploitatievoorwaarden
Ontwerp en plaatsing (paragraaf 7.3.1)
<ul style="list-style-type: none"> - MV1: Melden van ingebruikname geothermische installatie - MV2: Energetische balans <ul style="list-style-type: none"> o Bepaal de bodemkarakteristieken in-situ door de uitvoering van een thermische response test (TRT) - MV3: Eisen stellen aan maximaal vermogen <ul style="list-style-type: none"> o Maximale fluidumtemperatuur (zomerbedrijf, koeling): 25°C, maximale fluidumtemperatuur (winterbedrijf, verwarming): 0°C - MV4: Eisen naar fluidum <ul style="list-style-type: none"> o Geen antivries of ethyleenglycol gebruiken o Monopropyleenglycol gebruiken o Ander fluidum gebruiken o Lekdetectieapparatuur o Periodieke controle van lektheid o Voorzien van afsluiters per bodemcircuit o Dubbelwandige warmtewisselaar toepassen - MV5: Voorzie de nodige energie-, druk- en temperatuurmeters om de werking en prestaties van het geothermische systeem te kunnen opvolgen - MV6: Boorgat adequaat grouten <ul style="list-style-type: none"> o Maak gebruik van een thermisch verbeterd grouting materiaal en vul boorgat volledig op van beneden naar boven o Het boorgat wordt bovenaan afgedicht om verontreiniging van de grondwaterlagen te voorkomen - MV7: Eisen aan gebruikte materialen <ul style="list-style-type: none"> o Nieuw materiaal met aangepaste drukklasse, specificaties o Gebruik van geprefabriceerde polyethyleen leidingen o Gebruik van zelfde materiaal voor bochten, T-stukken, ed. o Voorleggen van een technisch dossier van de geothermische installatie
MV8: Eisen naar boringen
<ul style="list-style-type: none"> - Boringen worden uitgevoerd volgens de regels van goed vakmanschap en gebruik van gepaste boormethode. Elke verontreiniging van het grondwater, de bodem of schade aan het milieu dient vermeden te worden - Verboden om verschillende watervoerende lagen met elkaar in verbinding te brengen. Aanbrengen van kleistoppen ter hoogte van scheidende lagen - Opstellen van een boorbeschrijving en het bezorgen van boorinformatie aan vergunningsverlenende instantie met oa. <ul style="list-style-type: none"> o Boorverslag met beschrijving van de aard van de aangeboorde lagen o Geologische en geohydrologische beschrijving van de lagen o Technische beschrijving van de uitrusting van het boorgat (type wisselaar, gebruikte grouting materiaal, diameter boorgat, gebruik afstandshouders, ed.) o Diepte van het grondwater in rust ten opzichte van maaiveld o Lambertcoördinaten + aanduiding op kaart
Beheer en onderhoud (paragraaf 7.3.2)

<ul style="list-style-type: none"> - MV9: Voorzie een regelmatige inspectie van de geothermische installatie - MV10: Registreer energie, druk en temperatuur - MV11: Rapporteer jaarlijks naar overheid omtrent energiehoeveelheden en temperatuur
Stopzetting (paragraaf 7.3.3)
<ul style="list-style-type: none"> - MV12: Melden van stopzetting geothermische installatie - MV13: Boorgat afdichten na stopzetting van de installatie en gebruikte fluïdum verwijderen en opvullen met bentoniet mengsel
Maximale uitbatingperiode (paragraaf 7.3.4)
<ul style="list-style-type: none"> - Maximale periode van vergunning voor 30 jaar - Verlenging mogelijk met 2 maal 10 jaar tot maximum exploitatie van 50 jaar
Wijziging van de installatie of uitbating (paragraaf 7.3.5)
<ul style="list-style-type: none"> - Meldingsplicht van wijzigingen in de uitbating van de installatie

MV: milieuvergunningvoorwaarde

Tabel 42: Milieuexploitatievoorwaarden TECH-5

TECH-5 (verticale warmtewisselaars): Milieuexploitatievoorwaarden
Ontwerp en plaatsing (paragraaf 7.3.1)
<ul style="list-style-type: none"> - MV1: Melden van ingebruikname geothermische installatie - MV2: Energetische balans (*) <ul style="list-style-type: none"> o Bepaal de bodemkarakteristieken in-situ door de uitvoering van een thermische response test (TRT) - MV3: Eisen stellen aan maximaal vermogen (*) <ul style="list-style-type: none"> o Maximale fluidumtemperatuur (zomerbedrijf, koeling): 25°C, maximale fluidumtemperatuur (winterbedrijf, verwarming): 0°C - MV4: Eisen naar fluidum <ul style="list-style-type: none"> o Geen antivries of ethyleenglycol gebruiken o Monopropyleenglycol gebruiken o Ander fluidum gebruiken o Lekdetectieapparatuur (*) o Periodieke controle van lektheid o Voorzien van afsluiters per bodemcircuit o Dubbelwandige warmtewisselaar toepassen (*) - MV5: Voorzie de nodige energie-, druk- en temperatuurmeters om de werking en prestaties van het geothermische systeem te kunnen opvolgen (*) - MV6: Boorgat adequaat grouten <ul style="list-style-type: none"> o Maak gebruik van een thermisch verbeterd grouting materiaal en vul boorgat volledig op van beneden naar boven o Het boorgat wordt bovenaan afgedicht om verontreiniging van de grondwaterlagen te voorkomen - MV7: Eisen aan gebruikte materialen <ul style="list-style-type: none"> o Nieuw materiaal met aangepaste drukklasse, specificaties o Gebruik van geprefabriceerde polyethyleen leidingen o Gebruik van zelfde materiaal voor bochten, T-stukken, ed. o Voorleggen van een technisch dossier van de geothermische installatie
MV8: Eisen naar boringen
<ul style="list-style-type: none"> - Boringen worden uitgevoerd volgens de regels van goed vakmanschap en gebruik van gepaste boormethode. Elke verontreiniging van het grondwater, de bodem of schade aan het milieu dient vermeden te worden - Verboden om verschillende watervoerende lagen met elkaar in verbinding te brengen. Aanbrengen van kleistoppen ter hoogte van scheidende lagen - Opstellen van een boorbeschrijving en het bezorgen van boorinformatie aan vergunningsverlenende instantie met oa. <ul style="list-style-type: none"> o Boorverslag met beschrijving van de aard van de aangeboorde lagen o Geologische en geohydrologische beschrijving van de lagen o Technische beschrijving van de uitrusting van het boorgat (type wisselaar, gebruikte grouting materiaal, diameter boorgat, gebruik afstandshouders, ed.) o Diepte van het grondwater in rust ten opzichte van maaiveld o Lambertcoördinaten + aanduiding op kaart
Beheer en onderhoud (paragraaf 7.3.2)

<ul style="list-style-type: none"> - MV9: Voorzie een regelmatige inspectie van de geothermische installatie - MV10: Registreer energie, druk en temperatuur (*) - MV11: Rapporteer jaarlijks omtrent energiehoeveelheden en temperatuur (*)
Stopzetting (paragraaf 7.3.3)
<ul style="list-style-type: none"> - MV12: Melden van stopzetting geothermische installatie - MV13: Boorgat afdichten na stopzetting van de installatie en gebruikte fluidum verwijderen en opvullen met bentoniet mengsel
Maximale uitbatingperiode (paragraaf 7.3.4)
<ul style="list-style-type: none"> - Maximale periode van vergunning voor 30 jaar - Verlenging mogelijk met 2 maal 10 jaar tot maximum exploitatie van 50 jaar
Wijziging van de installatie of uitbating (paragraaf 7.3.5)
<ul style="list-style-type: none"> - Meldingsplicht van wijzigingen in de uitbating van de installatie

(*) enkel geldig voor tertiaire toepassingen, MV: milieuvergunningsvoorwaarde

Tabel 43: Milieuexploitatievoorwaarden TECH-6

TECH-6 (energiepalen): Milieuexploitatievoorwaarden
Ontwerp en plaatsing (paragraaf 7.3.1)
<ul style="list-style-type: none"> - MV1: Melden van ingebruikname geothermische installatie - MV2: Energetische balans <ul style="list-style-type: none"> o Bepaal de bodemkarakteristieken in-situ door de uitvoering van een thermische response test (TRT) - MV3: Eisen stellen aan maximaal vermogen <ul style="list-style-type: none"> o Maximale fluïdumtemperatuur (zomerbedrijf, koeling): 25°C, maximale fluïdumtemperatuur (winterbedrijf, verwarming): 0°C - MV4: Eisen naar fluïdum <ul style="list-style-type: none"> o Geen antivries of ethyleenglycol gebruiken o Monopropyleenglycol gebruiken o Ander fluïdum gebruiken o Lekdetectieapparatuur (*) o Periodieke controle van lekdichtheid o Voorzien van afsluiters per bodemcircuit o Dubbelwandige warmtewisselaar toepassen (*) - MV5: Voorzie de nodige energie-, druk- en temperatuurmeters om de werking en prestaties van het geothermische systeem te kunnen opvolgen - MV6: Boorgat adequaat grouten <ul style="list-style-type: none"> o Maak gebruik van een geschikt grouting materiaal en vul boorgat volledig op van beneden naar boven o Het boorgat wordt bovenaan afgedicht om verontreiniging van de grondwaterlagen te voorkomen - MV7: Eisen aan gebruikte materialen <ul style="list-style-type: none"> o Nieuw materiaal met aangepaste drukklasse, specificaties o Gebruik van geprefabriceerde polyethyleen leidingen o Gebruik van zelfde materiaal voor bochten, T-stukken, ed. o Voorleggen van een technisch dossier van de geothermische installatie
MV8: Eisen naar boringen
<ul style="list-style-type: none"> - Boringen worden uitgevoerd volgens de regels van goed vakmanschap en gebruik van gepaste boormethode. Elke verontreiniging van het grondwater, de bodem of schade aan het milieu dient vermeden te worden - Verboden om verschillende watervoerende lagen met elkaar in verbinding te brengen. Aanbrengen van kleistoppen ter hoogte van scheidende lagen - Opstellen van een boorbeschrijving en het bezorgen van boorinformatie aan vergunningsverlenende instantie met oa. <ul style="list-style-type: none"> o Boorverslag met beschrijving van de aard van de aangeboorde lagen o Geologische en geohydrologische beschrijving van de lagen o Technische beschrijving van de uitrusting van het boorgat (type wisselaar, gebruikte grouting materiaal, diameter boorgat, gebruik afstandshouders, ed.) o Diepte van het grondwater in rust ten opzichte van maaiveld o Lambertcoördinaten + aanduiding op kaart

Beheer en onderhoud (paragraaf 7.3.2)
<ul style="list-style-type: none"> - MV9: Voorzie een regelmatige inspectie van de geothermische installatie - MV10: Registreer energie, druk en temperatuur - MV11: Rapporteer jaarlijks naar overheid omtrent energiehoeveelheden en temperatuur
Stopzetting (paragraaf 7.3.3)
<ul style="list-style-type: none"> - MV12: Melden van stopzetting geothermische installatie - MV13: Boorgat afdichten na stopzetting van de installatie en gebruikte fluidum verwijderen en opvullen met bentoniet mengsel
Maximale uitbatingperiode (paragraaf 7.3.4)
<ul style="list-style-type: none"> - Maximale periode van vergunning voor 30 jaar - Verlenging mogelijk met 2 maal 10 jaar tot maximum exploitatie van 50 jaar
Wijziging van de installatie of uitbating (paragraaf 7.3.5)
<ul style="list-style-type: none"> - Meldingsplicht van wijzigingen in de uitbating van de installatie

(*) enkel geldig voor tertiaire toepassingen, MV: milieuvergunningvoorwaarde

8 TAAK 7: RICHTLIJNEN CODE GOEDE PRAKTIJK

8.1 Inleiding

Het beheer en onderhoud van een geothermische installatie waarborgt het jarenlang gebruik van de bodem en vermijdt/vermindert het ontstaan van milieueffecten. Een geothermisch systeem is een dynamische installatie die gedurende de jaren zijn optimale werking bereikt. Voor het beheer en onderhoud van dergelijke systemen kunnen een aantal regels van goed vakmanschap worden meegegeven die toelaten de klassieke installatie- en beheersfouten zoveel mogelijk te vermijden. Deze regels zijn op zich geen verplicht milieuexploitatievoorwaarden maar kunnen bijdragen aan een goed beheer en onderhoud van een installatie.

In dit hoofdstuk worden regels van goed vakmanschap beschreven voor de open en gesloten systemen. Binnen deze taak ligt de nadruk van deze richtlijnen op het beheer en onderhoud van een geothermische installatie.

8.2 Open systemen

De bepalingen die zijn opgenomen in taak 6 maken integraal deel uit van de code van goede praktijk voor de uitbating van geothermische systemen.

Volgende elementen kunnen hier aan toegevoegd worden.

Leidingwerken grondwaternet

De omvang van het grondwaternet wordt tot het strikte minimum beperkt. Het grondwaternet wordt onmiddellijk bij de intrede in de technische ruimte aangesloten op een aantal compacte warmtewisselaars.

De terreinleidingen worden vorstvrij aangelegd.

De terreinleidingen worden aangelegd op een bed van fijnkorrelige grond (zand) die geschikt is voor het aanvullen van sleuven en die in overeenstemming is met het typebestek voor grondwerken.

De leidingen worden spanningsloos aangelegd. Ter hoogte van de doorgang met constructies worden compensatoren voorzien die in staat zijn om verplaatsingen tussen gebouw en terrein spanningsloos over te dragen.

De ligging van de leidingen wordt duidelijk in het terrein aangegeven.

Elektriciteitskabels

De elektriciteitskabels worden aangelegd in dezelfde sleuven als de waterleidingen.

Toezichtskamers

De toezichtskamers hebben een voldoende sterkte om te weerstaan aan de belastingen die te verwachten zijn op de inplantingslocatie.

De toezichtskamers worden uitgerust met voorzieningen die :

- De toezichtskamers vorstvrij houden (kachel, ...).
- De toezichtskamer droog houden (drainage, pomp, waterdichtingen, ...).
- Een deksel van de juiste verkeersklasse met betrekking tot de inplanting van de bron.
- Een werkschakelaar op de elektrische installatie die het mogelijk maakt de bron elektrisch te ontkoppelen van het systeem.
- De nodige afsluiters die toelaten de bron hydraulisch te isoleren van de rest van de installatie.
- Verluchtingsopeningen.
- Staalnamekranen waarmee het grondwater in de bronnen kan bemonsterd worden

De bronnen worden uitgerust met waterdichte en drukbestendige putkoppen.

Voorzieningen voor het behouden van het thermisch en het volumetrisch evenwicht van de installatie

De installatie voor TECH-1 is voorzien van een bijkomende onafhankelijk van de opslag functionerende installatie voor warmteproductie en/of koudeproductie waarvan kan worden aangetoond dat deze componenten mits toepassing van de juiste regelstrategie het mogelijk maken om het thermisch en het volumetrisch op lange termijn te waarborgen.

De installatie voor TECH-2 is voorzien van een bijkomende onafhankelijk van de onttrekking functionerende installatie voor warmteproductie en/of koudeproductie waarvan kan worden aangetoond dat deze componenten mits toepassing van de juiste regelstrategie het mogelijk maken om het thermisch en het volumetrisch effect op de omgeving sterk te reduceren.

De regeling van de energievraag aan de opslag kan via een eenvoudige aanpassing van een aantal setpunten worden bijgesteld.

Periodieke controle

De correcte werking van de installatie wordt minstens één maal per maand geverifieerd. Hiertoe kan het gemakkelijk zijn om de installatie vanop afstand te kunnen bezoeken.

Periodieke inspectie

De installatie wordt om de zes maanden onderworpen aan een visuele inspectie. Hierbij worden alle mankementen (lekken, ...) genoteerd en opgelost. De correcte werking van de sensoren wordt getest. De alarmen en de meldingen van het controlesysteem worden getest op een correcte werking.

Periodiek onderhoud

Alle onderdelen van de open opslag worden onderhouden volgens de specificaties van de fabrikanten. Voor de circulatiepompen en de onderwaterpompen kan hierbij gedacht worden aan een vervanging van de slijtgevoelige onderdelen (lagers, dichtingen, ...) éénmaal elke vier jaar. Voor de warmtepompen gelden de richtlijnen van de fabrikant naast de wetgeving met betrekking tot koelmachines.

Alarmen en meldingen

Volgende alarmen en meldingen worden voorzien :

- 1) Te lage grondwaterpeilen in de bronnen.
- 2) Te hoge grondwaterpeilen in de bronnen.
- 3) Te hoge relatieve grondwaterwijzigingen in vergelijking met het debiet.
- 4) Te hoge drukken in het grondwatercircuit.
- 5) Te lage drukken in het grondwatercircuit.
- 6) Te hoge drukken in het proceszijdig circuit.
- 7) Te lage drukken in het proceszijdig circuit.
- 8) Extreme afwijking van meetwaarden van opnemers (drukken, temperaturen, niveau's)
- 9) Afwijkingen tussen gevraagde en werkelijke klepstanden.
- 10) Afwijkingen tussen gevraagde en werkelijke regelgrootheden (debieten, temperaturen, ...)
- 11) Te frequente drukhandhavingen in het grondwatersysteem.

Regelbaarheid en energie-efficiënte

Een goede energie-efficiënte is enkel mogelijk indien de installatie goed regelbaar en aanstuurbaar is. Het is belangrijk het grondwaterdebiet proportioneel te kunnen regelen aan het gevraagde vermogen.

Bij de keuze van de warmtepomp zal hiermee eveneens rekening worden gehouden. Warmtepompen met slechte COP waarden bij lage vermogens kunnen het globale rendement van de installatie in ernstige mate verlagen. Bijgevolg komen voornamelijk warmtepompen met meerdere efficiënte scrollcompressoren en warmtepompen met schroefcompressoren met capaciteitsregeling op basis van frequentiesturing in aanmerking.

8.3 Gesloten systemen

Voor de gesloten bodemsystemen (technieken TECH-3 tot en met TECH-6) zijn twee aandachtspunten bij het beheer en onderhoud van de installatie van belang zijnde:

- De kwaliteit van het glycolmengsel
- De aanwezigheid van lucht in het systeem

Voor de techniek TECH-7 is enkel van belang dat insijpeling van grondwater in de buizen zo goed als mogelijk dient vermeden te worden daar dit een effect kan hebben op de aangezogen luchtkwaliteit. Verder is het hygrische gedrag van de grondbuis van belang. De gemeten waarden van relatieve vochtigheid in de buizen tonen dat er wel degelijk een hoge vochtigheid is met gevaar van schimmelgroei.

Indien het geothermische systeem in combinatie met een warmtepomp wordt geplaatst zijn andere aspecten van belang. Het gaat dan over aspecten rond de temperatuurniveaus van de warmtepomp langs verdamperzijde (geen bevroeringsgevaar) en condensorzijde (geen te hoge temperatuur voor daling rendement warmtepomp), onderhoudsaspecten, ed. De warmtepomp zal uitschakelen (op onderdruk) voordat de verdamper kan bevriezen. In het kader van deze studie worden deze aspecten niet verder opgelijst.

Tabel 44 toont enkele regels van goed vakmanschap voor het beheer en onderhoud van gesloten bodemsystemen. De regels zijn opgesplitst in eisen, controles en middelen.

Tabel 44: Eisen, controles en middelen voor gesloten bodemsystemen

Regels van goed vakmanschap voor beheer en onderhoud van gesloten bodemsystemen	
Eisen	<ul style="list-style-type: none"> - De mate van vorstbescherming van het circulatiemengsel dient gecontroleerd te worden. - Het bodemsysteem dient te worden bijgevuld indien de werkdruk minder dan 20% van de nominale druk (normaal: 2 bar) bedraagt. Er mag alleen aangevuld worden met eenzelfde type en volume aan antivriesmengsel. - Het mengsel dient in een vat te worden voorgemengd of in een voorgemengde verhouding te worden aangeleverd. - Er dient te worden vastgesteld of er lucht in het systeem aanwezig is en maatregelen te nemen om dit te verwijderen uit het systeem. - Acties/storingen aan het systeem dienen opgenomen te worden in een logboek in de technische ruimte. - Plaats op een bodemcircuit afsluiters zodat bij lekken circuits kunnen afgesloten worden - Voorzie een dubbelwandige warmtewisselaar tussen bodem en intern HVAC circuit
Controles	<ul style="list-style-type: none"> - Controle van de aanvoer- en retourtemperatuur van het fluïdum na het bijvullen van het mengsel is wenselijk. - Ontlucht de installatie periodiek. - Periodieke controle van druk, aanvoer- en retourtemperatuur is gewenst. - Controle of de fluïdum temperatuur binnen de grenzen ligt van de

	toepassing (bijv. bij BEO zomertemperatuur 14/18°C, winter : 0/5°C).
Middelen	<ul style="list-style-type: none"> - Opmaak van een logboek met controleformulieren. - Voor de controle van de kwaliteit van het mengsel kan een dichtheidsmeting uitgevoerd worden of een bepaling van de vriespunttemperatuur. - Maak gebruik van een manuele drukmeter op het bodemsysteem evenals temperatuurindicatoren voor aanvoer- en retourtemperatuur van het fluïdum. - Voorzie een ontluchtingspunt op de installatie en leg het systeem zodanig dat de lucht op die plaats kan verwijderd worden. - Maak gebruik van een mengvat indien geen gebruik, wordt gemaakt van een voorgemengd mengsel. - Maak gebruik van aangepaste simulatiemodellen voor de dimensionering van het geothermische systeem

9 BESLUIT

Dit onderzoek is uitgevoerd door VITO in opdracht van het BIM. De studie dient ter voorbereiding van een mogelijk vergunningsbeleid ten aanzien van geothermische technieken in Brussel.

De studie omvat een aantal luiken:

- Het opstellen van standaardbestekken voor het uitvoeren van geothermische boringen
- Het opstellen van remediërende en milderende maatregelen voor de vermindering van milieueffecten
- Het opstellen van een technisch verslag voor de aanvraag van een milieuvergunning
- Het opstellen van een beslissingsschema
- Het opstellen van milieuexploitatievoorwaarden voor geothermische systemen
- Het opstellen van regels van goed vakmanschap

Deze studie heeft niet tot doel om de implementatie van geotechnische toepassingen in Brussel te belemmeren via te strenge en strikte milieuexploitatievoorwaarden. Een gebruiker dient echter te beseffen dat een dergelijke installatie een dynamisch gegeven is dat bij een goed ontwerp, plaatsing, beheer en onderhoud nog jarenlang een bron van energie kan zijn.

Geothermische boormethoden

Voor het uitvoeren van geothermische boringen op grotere diepten zijn een 6-tal mechanische boormethoden (spoelboren, zuigboren, pulsboeren, avegaarboren, intrillen / indrukken en hamerboren) beschreven. Het uitvoeren van een boorgat van goede kwaliteit (zowel bij open als gesloten systemen) vereist een mate van technische kennis en goed vakmanschap. Een goed boorgat dient qua diameter gelijkmatig te zijn, de boorgatwand dient stabiel te zijn, de hoeveelheid boorspoeling dient beperkt te worden en de hoeveelheid en de kwaliteit van het vrijkomend boormateriaal dient controleerbaar te zijn zodat een goede geologische karakterisatie kan uitgevoerd worden.

Elke boormethode wordt bepaald door de wijze waarop (1) de grond wordt losgewoeld, (2) het boorgat wordt gestabiliseerd en (3) de grond uit het boorgat wordt afgevoerd.

Spoelboren en zuigboren (voor grotere diameters) zijn boormethoden die voor de grondwatersystemen kunnen toegepast worden. Voor het spoelboren zijn de snelle en goedkope boormethode en de mogelijkheid tot het boren op grote dieptes belangrijke voordelen. Nadelen zijn echter de onnauwkeurige beschrijving van de bodem, beperkt in boordiameter en de verspreiding van de verontreiniging tijdens het boren.

Voor het zuigboren zijn de snelle en goedkope boormethode met mogelijkheid tot het boren van grotere diameters, de mogelijkheid tot het boren op grote dieptes en de goede kwaliteit van staalnames belangrijke voordelen. Nadelen zijn echter het waterverbruik, ontspanning van de grond en de verspreiding van de verontreiniging tijdens het boren.

Voor het plaatsen van verticale bodemwarmtewisselaars worden enkel de boormethoden spoelboren en het drukken toegepast.

Voor de open en gesloten systemen zijn een 14-tal risico's opgesteld, een 30-tal (soms kleine) remediërende en milderende maatregelen en een kosten – batenanalyse opgemaakt. Het betreft hier vooral maatregelen die deel uitmaken van goed vakmanschap en door elke boorder normaal worden uitgevoerd.

Als laatste punt werden 2 standaardbestekken voor open en gesloten systemen in de bijlagen opgesteld die aan de milieuvergunning kunnen worden toegevoegd.

Milieueffecten geothermische systemen

Voor de open en gesloten systemen zijn in totaal een 17-tal milieueffecten opgesteld. Voor de toepassing van koude-warmteopslag in beide watervoerende pakketten is tot nader order sitespecifiek bijkomend onderzoek noodzakelijk om de fysieke haalbaarheid van het project te kunnen onderbouwen en om een goed ontwerp te kunnen maken.

Voor de gesloten systemen zijn een 8-tal milieueffecten beschreven en berekend voor een aantal energiehoeveelheden en 3 Brusselse bodemsoorten. Het betreft de milieueffecten:

- Type en massa ingebracht materiaal (kunststof)
- Achterblijvend materiaal in de bodem (kunststof)
- Achterblijvend materiaal in de bodem (grouting)
- Volume glycol dat naar de bodem lekt
- Percentage extra infiltratie langs lekkende boorgaten (boren)
- Percentage extra infiltratie langs lekkende boorgaten (drukken)
- Gebied met $dT=2K$ halverwege de bww na 20 jaar
- Gebied met $dT=1K$ op 0,5 mmv na 20 jaar

Voor de gesloten systemen is één van de belangrijkste milieueffecten het goed afdichten van het boorgat na plaatsing van de bodemwarmtewisselaars en het beperken van het volume wat naar de bodem kan lekken. Een boorgat dat niet goed is afgedicht vormt een milieueffect doordat grondwater kan insijpelen en de thermische geleidbaarheid doet dalen. Om het volume glycol naar dat naar de bodem kan lekken te beperken dienen er voldoende test en drukproeven te worden uitgevoerd. Materiaal technisch zijn voldoende garanties te verkrijgen, het verminderen van de milieueffecten is vooral van belang bij de realisatie van dergelijke projecten door de aannemers.

Technische verslagen

Voor de open en gesloten systemen zijn een aantal technische verslagen opgesteld die de aanvragers kunnen gebruiken voor een milieuvergunningsaanvraag. Het technisch verslag bevat een beschrijving van de installatiekenmerken met hun hydraulische en hydrothermische impact en de benodigde parameters voor een beoordeling van een milieuvergunningsaanvraag.

Remediërende en milderende maatregelen zijn opgesteld om de milieueffecten te vermijden of te verminderen. Belangrijke maatregelen voor gesloten systemen zijn een energetische balans in de bodem, het gebruikte fluïdum en het adequaat afvullen van het boorgat met een geschikt grouting mengsel. Het uitvoeren van een haalbaarheidsonderzoek en thermische response test wordt als nodig geacht voor de grote tertiaire systemen.

Een beslissingschema werd opgesteld om de aanvragers op een eenvoudig en snelle manier een indicatie te geven of hun milieuvergunning zal aanvaard of geweigerd worden. De opmaak van een haalbaarheidsonderzoek en technisch verslag maken hiervan deel uit.

Bij de aanvaarding van de milieuvergunning worden milieuexploitatievoorwaarden opgelegd bij ontwerp, plaatsing, beheer, onderhoud en stopzetting van de installatie. Belangrijk bij stopzetting van de installatie is een goede afvulling van het boorgat en de verwijdering van het fluidum belangrijke aandachtspunten.

Als laatste hoofdstuk zijn regels van goed vakmanschap gegeven dienen niet als milieuexploitatievoorwaarden kunnen opgelegd worden maar dienen als leidraad voor een beheerbare geothermische installatie.

REFERENTIES

- [1] Code van goede praktijk voor het uitvoeren van milieuboringen en het plaatsen van peilbuizen. (2001). OVAM rapport D/2001/5024/14. September 2001. 25 p.
- [2] Harvey M. Sachs. 2002. Geology and drilling methods for ground-source heat pump installations: an introduction for engineers. ISBN 1-931862-02-8. 127 p.
- [3] Sanner, B. & Andersson, O. Drilling methods for shallow geothermal installations. International summer school on direct application of geothermal energy. 13 p.
- [4] Furlan, R. 2007. Onderzoeksrapport Diepe geothermie. Grontmij. 57 p.
- [5] Novem (2003): Kwaliteitsrichtlijn verticale bodemwarmtewisselaars. Novem rapport nr. 2DEN-03.24. 56p.
- [6] Desmedt, J., Hoes H. & Lemmens, B.. (2007). Studie van de geothermische en hydrothermische technieken die toepasbaar zijn in Brussel: wettelijke context, milieu-impact, goede praktijk en economisch potentieel. Studie uitgevoerd in opdracht van het BIM. VITO-rapport 2007/ETE/R/156 met beperkte verspreiding. 196 p.
- [7] ODE, Code van goede praktijk warmtepompen
- [8] Isso publicatie 73. Ontwerp en uitvoering van verticale bodemwarmtewisselaars. Rotterdam, maart 2005. 156p.
- [9] Austin, W.A., 1998. Development of an in situ system for measuring ground thermal properties. M.S. Thesis. Oklahoma State University, Stillwater, OK, USA, 177 pp.
- [10] Gehlin, S., 1998. Thermal response tests—in-situ measurements of thermal properties in hard rocks. Diploma Thesis 1998:37. Lulea University of Technology, Sweden, 73 pp.
- [11] Gehlin, S., 2002. Thermal response test—method development and evaluation. Doctoral Thesis 2002:39. Lulea University of Technology, Sweden, 191 pp.
- [12] Heinonen, E.W., Wildin, M. W., Beall, A.N., et al. Assessment of Antifreeze Solutions for Ground-Source Heat Pump, ASHRAE Trans., 1997, vol.,103, part 2, pp. 747-756.

BIJLAGE 1: BESTEKSBEPALINGEN VOOR HET BOREN VAN BRONNEN VOOR WATERWINNING EN OPEN HYDROTHERMISCHE SYSTEMEN

9.1 Algemene omschrijving van de werken

De werken omvatten het aanleggen van een boring, waarvan de specificaties hierna zijn weergegeven en tevens zijn samengevat in het vermoedelijke boorschema en de putuitrusting in bijlage. Deze specificaties zijn gebaseerd, enerzijds op de vraag van de opdrachtgever, anderzijds op de vermoedelijke hydrogeologische specificaties van de boorlocatie, die eveneens opgenomen zijn in bijlage.

De werken worden uitgevoerd op een perceel gelegen op het onderstaande adres.

.....
.....
.....

Lambert coördinaten:

Het verwachte debiet bedraagt ... m³/h.

Het water zal worden aangewend als

De verwachte einddiepte van de boring bedraagt m-MV.

De einddiameter van de boring bedraagt mm.

De boring is van het type :

- spoelboring
- zuigboring
- pulsborring
- avegaarborring
- verdringingsborring
- hamerborring

De boring wordt uitgevoerd volgens de code van goede praktijk voor boorwerken in bijlage

De aannemer beschikt over door de fabrikant opgestelde productspecificaties en stelt deze op eenvoudige vraag van de opdrachtgever ter beschikking.

9.2 Werfgebonden informatie

Werfinfrastructuur

Volgende infrastructuur wordt ter beschikking gesteld van de aannemer.

- elektriciteit 220 V à€/kWh
- elektriciteit 3x380V à€/kWh
- water m³/h à€/m³/h
- riolering met afvoer capaciteit m³/h

De meetstations voor het meten van het verbruik :

- worden ter beschikking gesteld van de aannemer
- worden door de aannemer geïnstalleerd

De aannemer staat in voor de onderstaande infrastructuur.

- elektriciteit 220 V à€/kWh
- elektriciteit 3x380V à€/kWh
- water m³/h à€/m³/h
- afvoer van boorwater

De opgeboorde grond

- wordt achtergelaten op de site ter hoogte van de boringen
- wordt afgevoerd naar een stockageplaats op de site
- wordt afgevoerd door de aannemer
- wordt gesaneerd door de aannemer
- deels gebruikt voor de aanvulling van de boringen

De tijdelijke stockageplaats

- wordt ingericht door de opdrachtgever
- wordt ingericht door de aannemer conform de geldende voorschriften
- wordt ingericht door de aannemer volgens de richtlijnen in bijlage 3.

Omgevingsaspecten

De locatie waarop de boring wordt uitgevoerd is :

- is gelegen op privé domein
- is gelegen op openbaar domein
 - de aannemer zorgt zelf voor signalisatie
 - de aannemer meldt de werken bij de bevoegde instanties en vraagt de nodige toelatingen en vergunningen aan
 - de opdrachtgever voorziet in signalisatie
 - de opdrachtgever meldt de werken bij de bevoegde instanties en vraagt de nodige toelatingen en vergunningen aan
- is gelegen in een zone die gevoelig is voor nachtlawaai
- laat toe om 's nachts te werken zonder de geldende geluidsnormen te overtreden
- andere

.....
.....
.....
.....
.....
.....

Het uitvoeren van de boring vergt volgende bijzondere maatregelen ter voorkoming van schade :

- het plaatsen van rijplaten e.d.
- het wegnemen en terugplaatsen van plantsoenen en graszoden
- het aanbrengen van een verbuizing van het boorgat omwille van stabiliteitsredenen van aangrenzende gebouwen
- andere

.....
.....
.....
.....
.....

De toegankelijkheid van de site is beperkt en bedraagt :

- breedte m
- lengte m
- hoogte m

Andere aandachtspunten zijn:

- de ondergrondse kabels en nutsleidingen
- de bovengrondse leidingen van trein, tram, telefonie of laagspanning

De aannemer brengt een plaatsbezoek aan de site en houdt in zijn prijsopgave rekening met de toestand ter plaatse. Indien de bovenstaande informatie niet correct of volledig is dan meldt de aannemer dit in zijn aanbieding. Indien er geen opmerkingen zijn vervalt na de datum van aanbesteding elk meerwerk dat het gevolg zou zijn van de toestand van de site.

De ondergrond

De locatie waarop de boring wordt uitgevoerd :

- is aangevuld met steenpuin en funderingsresten
 - de aannemer verwijdert deze aanvulling zelf
 - de aannemer plaatst en levert een voerbuis voor de boring
- bevat zeer doorlatende niet cohesieve grondlagen (grind) die mogelijk aanleiding kunnen geven tot instabiliteit van het boorgat
 - de aannemer levert en plaatst een verbuizing voor de stabilisatie van deze laag
 - de aannemer voorziet additieven voor het doorboren van deze laag
- is opgebouwd uit weinig draagkrachtige grond die specifieke maatregelen vereist om betreden te kunnen worden
 - de aannemer staat in voor de specifieke maatregelen (rijplaten, ...)
- is bedekt met een verharding van tegels of keien
 - de aannemer breekt de verharding op
 - de aannemer herstelt de verharding na het beëindigen van de werken in oorspronkelijke staat
- is bedekt met een betonnen funderingsplaat
 - de aannemer breekt de verharding op
 - de aannemer herstelt de verharding na het beëindigen van de werken in oorspronkelijke staat

De aannemer bestudeert de bodemgesteldheid ter hoogte van de site op basis van de beschikbare en de publieke informatie m.b.t. de site. Indien de bovenstaande informatie niet correct of volledig is dan meldt de aannemer dit in zijn aanbieding. Indien er geen opmerkingen zijn vervalt na de datum van aanbesteding elk meerwerk dat het gevolg zou zijn van de bodemgesteldheid.

Verontreiniging

De site waarop de boring wordt uitgevoerd is :

- verontreinigd, de verontreiniging is beschreven in het rapport in bijlage 1.
- niet verontreinigd

De bijzondere maatregelen die verband houden met de aanwezige verontreiniging bestaan uit :

- het reinigen van het boormaterieel
- het zuiveren van het spoelwater en het reinigingswater van het boormaterieel
- het plaatsen van een verbuizing rondom het boorgat

- het afdichten van het boorgat ter hoogte van waterremmende lagen
- het verversen van het spoelwater na het doorboren van de vervuilde watervoerende laag
- het saneren van de bodemverontreiniging voorafgaand aan de werken conform het saneringsplan in bijlage 2.

9.3 Boorwerken

Zuig en luchtliftboren

- eindhiameter mm
- diepte m

- Afdichting van het boorgat ter hoogte van het maaiveld

Ter hoogte van het maaiveld wordt een voorlopige geleidingsbuis geplaatst van voldoende diepte en voldoende diameter om een goede afdichting van het boorgat t.o.v. het maaiveld te bekomen. Het leveren en het plaatsen van deze geleidingsbuis is inbegrepen in de prijs.

- Boorvloeistof

De aannemer voorziet in een wateraanvoer van m³/h om de spoelwaterverliezen van de boring te kunnen compenseren.

De spoelboring wordt uitgevoerd zonder additieven (zie paragraaf 2.10). Indien het vanwege excessief waterverbruik toch noodzakelijk is om additieven te gebruiken, dan zal men gebruik maken van biodegradeerbare additieven.

De aannemer voorziet in voldoende pompcapaciteit om rekening houdend met de boorgatdiameter en de diameter van de boorstangen een voldoende hoge stroomsnelheid in het boorgat te bekomen om de boorcuttings naar boven te kunnen transporteren.

- Boorbeschrijving

De losgeboorde grond wordt beschreven. Bij elke stangenwissel en bij elke waarneembare wijziging van de boorcuttings worden stalen genomen en wordt een beschrijving gemaakt van de opgeboorde grond. Deze beschrijving wordt weergegeven in functie van de diepte (boorstaat).

9.4 Inwendige verbuizing – drinkwaterputten en open geothermie systemen

Algemeen

Materiaal

- PVC PN.....
- HDPE PN.....
- RVS..... PN

Normen

- drinkwaterkwaliteit
-
-

Zandvang

- Buitendiameter x Binnendiameter :mm xmm
 - gelijkde moffen
 - moffen met schroefdraad
 - flensverbinding
- Lengte M

Filterelement

- Buitendiameter x Binnendiameter :mm xmm
 - gelijmde moffen
 - moffen met schroefdraad
 - flensverbinding
- Filterspleet : mm
- Minimaal doorlaatpercentage : %
- Centreerbeugels
 - o Tussenafstand 5 m
 - o Buitendiameter mm
 - o Materiaal
 - Kunststof
 - RVS 304
 - RVS 316

Putbuis

- Buitendiameter x Binnendiameter :mm xmm
 - gelijkde moffen
 - moffen met schroefdraad
 - flensverbinding
- Centreerbeugels
 - o Tussenafstand 5 m
 - o Buitendiameter mm
 - o Materiaal
 - Kunststof
 - RVS 304
 - RVS 316

Verloopstuk

- Buitendiameter > Buitendiameter :mm xmm
- Binnendiameter > Binnendiameter :mm xmm
- gelijmde moffen
- moffen met schroefdraad
- flensverbinding

Pompkamer

- Buitendiameter x Binnendiameter :mm xmm
- gelijmde moffen
- moffen met schroefdraad
- flensverbinding

Peilbuis

Materiaal

- PVC PN.....
- HDPE PN.....
- RVS..... PN

Normen

- drinkwaterkwaliteit
-
-

Aantal

.....

Afmetingen

- Buitendiameter x Binnendiameter :mm xmm
- Filterspleet :mm
- Lengte filterelement : 2 m
- Zandvang : 0,5 m
- Onderkant peilbuis 1 : m-MV
- Onderkant peilbuis 2 : m-MV
- Onderkant peilbuis 3 : m-MV
- Onderkant peilbuis 4 : m-MV

Andere specificaties

Afstandhouders

- PVC
- RVS

Afsluiting

Onderaan

Gelijmde stop

Bovenaan

- schroefdop
- ogelafsluiter

9.5 Omstorting van de boring

Grindpakket/Filterpakket

- Filtergrind calibratie-.....mm
- Te storten van einde boring tot 1 m boven bovenkant filter
- Aan te brengen met stortkoker indien dieper dan 50 m

Kleistoppen

- Locatie 1 : waterremmende lagen
- Aan te brengen ter hoogte van alle slecht doorlatende lagen.
 - Minimaal 1 m onder de bodem van de kleilaag.
 - Minimaal 1 m boven het dak van de kleilaag
- Locatie 2 : ter hoogte van het maaiveld
- Minimaal 2 m onder het maaiveld
- Kleitype :
- Positie
- door meting bepalen
 - op boorverslag vermelden
- Plaatsing
- met stortkoker indien dieper dan 50 m

Aanvulling annulaire ruimte

- Locatie buiten filterpakket en kleistop
- Materiaal uitgeboorde zand
- aanvulgrindcalibratie 3 mm tot 5 mm
- kleicuttings zijn verboden**
- Plaatsing
- met stortkoker indien dieper dan 50 m

Putontwikkeling

- Fase 1 zandvrij pompen aan 25% van de ontwerpcapaciteit
 zandvrij pompen aan 50% van de ontwerpcapaciteit
 zandvrij pompen aan 75% van de ontwerpcapaciteit
 zandvrij pompen aan 100% van de ontwerpcapaciteit
- Fase 2 intermitterend zandvrij pompen aan 100 % van de ontwerpcapaciteit
 intermitterend zandvrij pompen aan 150 % van de ontwerpcapaciteit
 (10 minuten aan – 5 minuten uit)

Testen

- capaciteitstest
 Testprocedure in bijlage
- zandhoudendheidstest
 Testprocedure in bijlage
- Membraan Filter Test
 Testprocedure in bijlage
- Chemische analyse
 Testprocedure in bijlage

Bezoekkamer

- Afmetingen m xm xm
- De bezoekkamer wordt vorstvrij gehouden d.m.v. een elektrisch verwarmingselement.
- Het leidingwerk komt op vorstvrije diepte ondergronds binnen in de bezoekkamer.
- Materiaal
- Overkragend geïsoleerd deksel
 - o Verkeersklasse op basis van EN 1253 Klasse
- Uitvoering
 - bovengronds
 - halfbovengronds
 - ondergronds
 - onder het grondwaterpeil
 - waterdicht af te werken incl. doorvoeren
 - te beveiligen tegen opdrijven
- Garanties
 - altijd droog
 - vorstvrij
 - vrij van condens

9.6 Putuitrusting

Onderwaterpomp

- niet van toepassing
- noodzakelijk

- Type.....
- Nominale capaciteit m³/h bij een opvoerhoogte van mwk
- MotorvermogenkW
- Inbouwdiepte m
 - boven filter
 - in/onder filter (stromingsmantel voorzien)
- Grootste buitendiameter (inclusief stromingsmantel) Mm

Injectieventiel

- niet van toepassing
- noodzakelijk

Type

- Plaatsing
 - Bovengronds
 - Ondergronds
- Regeling
 - Zelfregelend met elektrische vrijgave
 - Aan-uit
- Configuratie
 - In-line
 - igen stijgleiding
- nominale capaciteit m³/h bij een opvoerhoogte van mwk
- Inbouwdiepte m
- grootste buitendiameter mm
- In te regelen op een injectiepeil van minimaal 10 m+MV

Persleiding

- niet van toepassing
- noodzakelijk

Materiaal

- HDPE
- RVS 304
- RVS 316
- GALVA

Drukklasse

PN

Afmetingen

Buitendiameter x Binnendiameter
.....mm xmm

Verbinding

- MOF
- Flens

Modulaire lengte

.....m

Injectieleiding

- niet van toepassing
- noodzakelijk

Materiaal

- HDPE
- RVS 304
- RVS 316
- GALVA

Drukklasse

PN

Afmetingen

Buitendiameter x Binnendiameter
.....mm xmm

Verbinding

- MOF
- Flens

Modulaire lengte

.....m

Elektrische voedingskabel

Type; 4 x mm²

Verbindingen met thermo-krimpverbindingen

Kabel te bevestigen aan stijgbuis om de 5 m d.m.v. waterbestendige plastic tape

Peilbuis

- PVC diameter 40x3.2 mm
- Installeren in putbuis tot 0,5 m boven bovenkant pomp
- Onderaan afgedicht
- Waterinlaat d.m.v. overdwarse filtersleuven over 1 m onderaan de peilbuis
- Demontabele montage d.m.v. mofstelsel
- Verbinding met stijgbuis onderwaterpomp d.m.v. waterbestendige tape, om de 5 m.
- Lengte : m

Onttrekkingsbron

- Peilbuis doorvoeren tot minimaal 15 cm boven de bovenzijde van de putkap
- Afsluitbaar met behulp van schroefdop
- De peilbuis wordt doorboord met een boor van 10 mm en dit op een hoogte van 10 cm boven de bovenzijde van de putkap. De doorboring laat ontluchting en beluchting toe.

Injectiebron

- Peilbuis doorvoeren tot minimaal 15 cm boven de bovenzijde van de putkap
- Afsluitbaar met behulp van een kogelafsluiter
- De peilbuis dient ter bescherming van de niveauopnemer

Putkap

Waterwinningsbronnen

- Warm verzinkte, overkragende putkap die door middel van 2 O-ringen een waterdichte verbinding realiseert t.o.v. de putbuis
- Waterdichte doorvoeringen voor stijgbuis, elektrische voedingskabel en peilbuis
- Bestand tegen het opgehangen gewicht van onderwaterpomp, stijgbuis en elektrische kabel.

Bronnen voor open hydrothermische systemen

- Putkap en verbinding bestand tegen overdruk van mwk
- Waterdichte en drukbestendige verbinding met de putbuis d.m.v. kraagbus en overschuifflens
- Materiaal
 - RVS 304
 - RVS 316
 - GALVA
- Drukbestendige waterdichte doorvoeringen voor stijgbuis, elektrische voedingskabel, kabel van niveauopnemer en peilbuis.
- Uitgerust met ontlufter en beluchter.

Debietmeter

Grondwaterwinningsbron

- Type
- Geijkte mechanische of elektromagnetische debietmeter met meetbereik vanm³/h totm³/h.
- Geplaatst conform de specificaties van de leverancier.
- Opstelling zodanig dat de meter permanent gevuld blijft met water en dit ongeacht het debiet.

Open hydrothermische systemen

- Bij open hydrothermische systemen worden er twee soorten debietmetingen uitgevoerd.
 - o Opgepompte en geïnfiltreerde hoeveelheden
 - o Opgepompte en geloosde hoeveelheden
- De metingen gebeuren centraal in de technische ruimte.

Manometer

- Meetbereik van bar tot bar

- Materiaal :.....

Niveauopnemer

- Niet van toepassing

- Meetbereik vanmwk tot mwk
- Meetkabel
- Materiaal :

Staalnamekraantje

- Bolkraan diameter 1/2"
- Materiaal

Afsluitkraan

- Type Vlinderkraan
- Diameter
- Als eindafsluiter te gebruiken.
- Materiaal

Werkschakelaar

- Maakt het mogelijk om de elektrische voeding van de bron uit te schakelen.
- Handbediende aan/uit schakelaar voorzien van duidelijke stand
- Vergrendelbaar, na bediening in de 0-stand blijven staan
- Voorzien van potentiaalvrij contact

Klemmenkast

- voor de aansluiting van voedings-, stroom- en signaalkabels van de componenten in de putbehuizing
- Dichtheidsklasse minimaal IP65
- Corrosie en vochtbestendig
- Wartelplaat aan de onderzijde

9.7 Documentatie en informatie

Bij de oplevering en inbedrijfname van het geothermische systeem dient het totale systeem bedrijfsklaar en werkend overgedragen te worden door de aannemer aan de gebruiker / eigenaar. De oplevering zelf verloopt in 2 fasen: een voorlopige en een definitieve oplevering.

Bij een voorlopige en later definitieve oplevering dienen volgende documenten aangeleverd te worden:

- Boorstaat
- Putfiche
- Uitrustingschema
- Testverslag
- Toezichtskamer
- Technische fiches van de gebruikte materialen
- Technische fiches van de elektrische toestellen
- Locatie van de boring (X.Y.Z. Lambert coördinaten en hoogte tov bovenrand putkap)

BIJLAGE 2: BESTEKSBEPALINGEN VOOR HET AANLEGGEN VAN VERTICALE BODEMWARMTEWISSELAARS

9.8 Algemene omschrijving van de werken

De werken omvatten het aanleggen van een veld voor verticale bodemwarmtewisselaars, waarvan de specificaties hierna zijn weergegeven en tevens zijn samengevat in het aanlegplan, het vermoedelijke boorschema en de putuitrusting in bijlage. Deze specificaties zijn gebaseerd, enerzijds op de vraag van de opdrachtgever, anderzijds op de vermoedelijke hydrogeologische specificaties van de boorlocatie, die eveneens opgenomen zijn in bijlage.

De werken worden uitgevoerd op een perceel gelegen op het onderstaande adres.

.....
.....
.....

Lambert coördinaten:

Het verwachte vermogen van het veld bedraagt kWpiek.

Het ontwerpdebiet van de verticale bodemwarmtewisselaar bedraagtm³/h.

De verwachte einddiepte van de boring bedraagt m-MV.

De einddiameter van de boring bedraagt mm.

De boring is van het type :

spoelboring

De boring wordt uitgevoerd volgens de code van goede praktijk voor boorwerken.

De aannemer beschikt over door de fabrikant opgestelde productspecificaties en stelt deze op eenvoudige vraag van de opdrachtgever ter beschikking.

9.9 Werfgebonden informatie

Werfinfrastructuur

Volgende infrastructuur wordt ter beschikking gesteld van de aannemer.

- elektriciteit 220 V à€/kWh
- elektriciteit 3x380V à€/kWh
- water m³/h à€/m³/h
- riolering met afvoer capaciteit m³/h

De meetstations voor het meten van het verbruik :

- worden ter beschikking gesteld van de aannemer
- worden door de aannemer geïnstalleerd

De aannemer staat in voor de onderstaande infrastructuur.

- elektriciteit 220 V à€/kWh
- elektriciteit 3x380V à€/kWh
- water m³/h à€/m³/h
- afvoer van boorwater

De opgeboorde grond

- wordt achtergelaten op de site ter hoogte van de boringen
- wordt afgevoerd naar een stockageplaats op de site
- wordt afgevoerd door de aannemer
- wordt gesaneerd door de aannemer
- deels gebruikt voor de aanvulling van de boorgaten

De tijdelijke stockageplaats

- wordt ingericht door de opdrachtgever
- wordt ingericht door de aannemer conform de geldende voorschriften
- wordt ingericht door de aannemer volgens de richtlijnen in bijlage 3.

Omgevingsaspecten

De locatie waarop de boringen worden uitgevoerd :

- is gelegen op privé domein
- is gelegen op openbaar domein
 - de aannemer zorgt zelf voor signalisatie
 - de meldt de werken bij de bevoegde instanties en vraagt de nodige toelatingen en vergunningen aan

- de opdrachtgever voorziet in signalisatie
- de opdrachtgever meldt de werken bij de bevoegde instanties en vraagt de nodige toelatingen en vergunningen aan
- is gelegen in een zone die gevoelig is voor nachtlawaai
- laat toe om 's nachts te werken zonder de geldende geluidsnormen te overtreden
- andere

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Het uitvoeren van de boringen vergt volgende bijzondere maatregelen ter voorkoming van schade :

- het plaatsen van rijplaten e.d.
- het wegnemen en terugplaatsen van plantsoenen en graszoden
- het aanbrengen van een verbuizing van het boorgat omwille van stabiliteitsredenen van aangrenzende gebouwen
- andere

.....

.....

.....

.....

.....

.....

De toegankelijkheid van de site is beperkt en bedraagt :

- breedte m
- lengte m
- hoogte m

Andere aandachtspunten zijn:

- de ondergrondse kabels en nutsleidingen
- de bovengrondse leidingen van trein, tram, telefonie of laagspanning

De aannemer brengt een plaatsbezoek aan de site en houdt in zijn prijsopgave rekening met de toestand ter plaatse. Indien de bovenstaande informatie niet correct of volledig is dan meldt de aannemer dit in zijn aanbieding. Indien er geen opmerkingen zijn vervalt na de datum van aanbesteding elk meerwerk dat het gevolg zou zijn van de toestand van de site.

De ondergrond

De locatie waarop de boringen worden uitgevoerd :

- is aangevuld met steenpuin en funderingsresten
 - de aannemer verwijdert deze aanvulling zelf
 - de aannemer plaatst en levert een voerbuis voor de boring
- bevat zeer doorlatende niet cohesieve grondlagen (grind) die mogelijk aanleiding kunnen geven tot instabiliteit van het boorgat
 - de aannemer levert en plaatst een verbuizing voor de stabilisatie van deze laag
 - de aannemer voorziet additieven voor het doorboren van deze laag
- is opgebouwd uit weinig draagkrachtige grond die specifieke maatregelen vereist om betreden te kunnen worden
 - de aannemer staat in voor de specifieke maatregelen (rijplaten, ...)
- is bedekt met een verharding van tegels of keien
 - de aannemer breekt de verharding op
 - de aannemer herstelt de verharding na het beëindigen van de werken in oorspronkelijke staat
- is bedekt met een betonnen funderingsplaat
 - de aannemer breekt de verharding op
 - de aannemer herstelt de verharding na het beëindigen van de werken in oorspronkelijke staat

De aannemer bestudeert de bodemgesteldheid ter hoogte van de site op basis van de beschikbare en de publieke informatie m.b.t. de site. Indien de bovenstaande informatie niet correct of volledig is dan meldt de aannemer dit in zijn aanbieding. Indien er geen opmerkingen zijn vervalt na de datum van aanbesteding elk meerwerk dat het gevolg zou zijn van de bodemgesteldheid.

Verontreiniging

De site waarop de boringen worden uitgevoerd is :

- verontreinigd, de verontreiniging is beschreven in het rapport in bijlage 1.
- niet verontreinigd

De bijzondere maatregelen die verband houden met de aanwezige verontreiniging bestaan uit :

- het reinigen van het boormaterieel
- het zuiveren van het spoelwater en het reinigingswater van het boormaterieel
- het plaatsen van een verbuizing rondom de boorgaten tot op de eerste waterremmende laag.
- het afdichten van het boorgat ter hoogte van waterremmende lagen
- het verversen van het spoelwater na het doorboren van de vervuilde watervoerende laag
- het saneren van de bodemverontreiniging voorafgaand aan de werken conform het saneringsplan in bijlage 2.

9.10 Boorwerken

Ter bevestiging van het bodemprofiel voert de aannemer per onafhankelijk functionerend bodemwarmtewisselaarveld elke eerste boring uit volgens de zuig- en liftboortechniek. Hierbij wordt nauwlettend een boorstaat opgesteld.

De overige boringen worden uitgevoerd volgens de speelboortechniek.

De boringen worden uitgevoerd vanuit een voorafgraving met een diepte van m. Dit laat toe om de bodemwarmtewisselaars volgens de regels van de kunst af te werken onder het definitieve maaiveldpeil. De voorafgraving wordt door de aannemer droog gehouden met behulp van een bronbemaling en een open bemaling (indien noodzakelijk).

De diameter van de boring is niet groter dan 0,05 m ten opzichte van de buitendiameter van de bodemwarmtewisselaar.

De tussenafstand tussen de bodemlussen is bepaald in het uitvoeringsplan. De minimale tussenafstand is functie van de diepte van de bodemwarmtewisselaars en van de afwijking van de booras ten opzichte van de verticale. Als tussenafstand tussen twee boringen kan een afstand worden aangehouden van 1 m per 10 m boordiepte met een minimum van 2,5 m.

Bij elke boring zal erop worden toegezien dat de as vertikaal staat door de vertikaliteit te meten met een waterpas en dit in twee loodrecht op elkaar staande richtingen.

Bovendien zal in geval van grindafzettingen en steenbanken niet actief op de stangen worden gedrukt.

Het werkwater wordt herbruikt in de boorspoeling. Lekwater wordt opgevangen en op een gecontroleerde wijze naar de riolering afgevoerd.

Het opgeboorde materiaal wordt gescheiden van het boorwater en wordt door de boorder van het terrein verwijderd (ook indien vermoeden van verontreinigde grond). De zandige fractie kan gebruikt worden voor het aanvullen van de boorgaten. De kleifractie en de organische fractie (veen, houtresten, ...) mogen niet gebruikt worden voor de aanvulling van het boorgat.

9.10.1 Zuig en liftboren

- eindhiameter mm
- diepte m

- Afdichting van het boorgat ter hoogte van het maaiveld

Ter hoogte van het maaiveld wordt een voorlopige geleidingsbuis geplaatst van voldoende diepte en voldoende diameter om een goede afdichting van het boorgat t.o.v. het maaiveld te bekomen. Het leveren en het plaatsen van deze geleidingsbuis is inbegrepen in de prijs.

- Boorvloeistof

De aannemer voorziet in een wateraanvoer van m³/h om de spoelwaterverliezen van de boring te kunnen compenseren.

Het water heeft een kwaliteit die minstens gelijk is aan de kwaliteit van het grondwater ter hoogte van de site.

De spoelboring wordt uitgevoerd zonder additieven. Indien het vanwege excessief waterverbruik toch noodzakelijk is om additieven te gebruiken, dan zal men gebruik maken van biodegradeerbare additieven.

De aannemer voorziet in voldoende pompcapaciteit om rekening houdend met de boorgatdiameter en de diameter van de boorstangen een voldoende hoge stroomsnelheid in het boorgat te bekomen om de boorcuttings naar boven te kunnen transporteren.

- Boorbeschrijving

De losgeboorde grond wordt beschreven. Bij elke stangenwissel en bij elke waarneembare wijziging van de boorcuttings worden stalen genomen en wordt een beschrijving gemaakt van de opgeboorde grond. Deze beschrijving wordt weergegeven in functie van de diepte (boorstaat).

9.10.2 Spoelboren

- einddiameter mm
- diepte m

- Afdichting van het boorgat ter hoogte van het maaiveld

Ter hoogte van het maaiveld wordt een voorlopige geleidingsbuis geplaatst van voldoende diepte en voldoende diameter om een goede afdichting van het boorgat t.o.v. het maaiveld te bekomen. Het leveren en het plaatsen van deze geleidingsbuis is inbegrepen in de prijs.

- Boorvloeistof

De aannemer voorziet in een wateraanvoer van m³/h om de spoelwaterverliezen van de boring te kunnen compenseren.

Het water heeft een kwaliteit die minstens gelijk is aan de kwaliteit van het grondwater ter hoogte van de site.

De spoelboring wordt uitgevoerd zonder additieven. Indien het vanwege excessief waterverbruik toch noodzakelijk is om additieven te gebruiken, dan zal men gebruik maken van biodegradeerbare additieven.

De aannemer voorziet in voldoende pompcapaciteit om rekening houdend met de boorgatdiameter en de diameter van de boorstangen een voldoende hoge stroomsnelheid in het boorgat te bekomen om de boorcuttings naar boven te kunnen transporteren.

9.11 Installatie van de bodemwarmtewisselaar

De bodemwarmtewisselaars

Materiaal

- MDPE 100 PN8 (d<50m) ; Stijfheidsklasse SN8
- MDPE 100 PN10 (d<100m) ; Stijfheidsklasse SN8
- MDPE 100 PN16 (d >100m) ; Stijfheidsklasse SN8

Normen

- BENOR keurmerk
- NBN EN 13244

De bodemwisselaar is voorzien van een lengtemarkering (1 per meter), beginnend bij 0 meter en naar boven oplopend.

Wisselaars worden voor inbouw visueel geïnspecteerd. Beschadigde wisselaars of leidingmateriaal wordt niet toegepast, duidelijk als onbruikbaar gemerkt en afzonderlijk van de niet geïnspecteerde wisselaars opgeslagen.

Voor U-lus warmtewisselaars worden geprefabriceerde en (druk-) geteste warmtewisselaars gebruikt.

De aansluiting op de aanvoer- en retourleiding van de concentrische warmtewisselaar is of een geprefabriceerde spuitgegoten kop of een met elektromoffen samen te bouwen geheel bestaande uit een T-stuk en verloopstuk voor de inwendige buis.

De aansluiting van U-lussen bestaat uit een geprefabriceerd hulpstuk of wordt samengesteld uit T-stukken en knieën d.m.v. elektromoffen.

Mechanische verbindingen (knelkoppelingen, metalen verbindingen of verbindingen met behulp van O-ringen) zijn ondergronds niet toegestaan.

Het inbrengen van de bodemwarmtewisselaars

De warmtewisselaar wordt met drinkwater gevuld tot een druk van minimaal 2 bar (waterleidingsdruk). De druk wordt opgemeten en genoteerd voor en na het inbrengen van de wisselaar. De drukwijziging tijdens inbrengen bedraagt maximaal 10% van de initiële druk. De druk blijft behouden tot 1 uur na het afwerken van het boorgat.

Indien de lus tijdens het inbrengen wordt beschadigd (krassen, knikken, ...) dan wordt zij verwijderd, gemarkeerd en onklaar gemaakt (doorzagen).

De inbouw lengte van de warmtewisselaar wordt genoteerd (op basis van de lengtemarkering). De lus wordt na installatie water- en vuildicht afgesloten door middel van een dop en tape.

Omstorting van de warmtewisselaar

Het boorgat wordt met een stortbuis onder druk (van onder naar boven) afgevuld met een bentoniet of een water/bentoniet/zand/cement mengsel of met een thermisch verbeterd grout op basis van bentoniet of andere zwellende kleien.

De volumeverhouding van het mengsel is 40% water; 25% bentoniet, 25% zand, 10% cement.

Per boorgat wordt de samenstelling en de hoeveelheid (m³) verwerkte grout genoteerd.

Enkel indien de bodemwarmtewisselaar kan worden aangebracht in één watervoerend pakket (geen weinig doorlatende lagen in het bodemprofiel) mag het boorgat worden aangevuld met zand, grind of de zandige fractie van het opgeboorde materiaal. De aanvulling gebeurt steeds met behulp van een stortbuis van onder naar boven.

Aan de oppervlakte wordt de wisselaar over een lengte van 5 meter afgedicht met zwellende klei pellets.

Het horizontaal verdeelnet

Materiaal

- MDPE 100 PN8; Stijfheidsklasse SN8

Normen

- BENOR keurmerk
- NBN EN 13244

Leidingen worden voor inbouw visueel geïnspecteerd. Beschadigd leidingmateriaal wordt niet toegepast, duidelijk als onbruikbaar gemerkt, vernietigd (doorzagen) en afzonderlijk van de niet geïnspecteerde wisselaars opgeslagen.

Het horizontaal verdeelnet wordt aangelegd op een vorstvrije diepte (0,8 m-mv).
De leidingen worden aangelegd op een zandbed van minimaal 0,15 m.

De leidingen (en dus ook het zandbed) worden aangelegd onder lichte helling.
Indien dit niet mogelijk is wordt een ontluchtinskamer aangebracht ter hoogte van de warmtewisselaar.

De verticale warmtewisselaars worden in parallel aangesloten op het leidingwerk. De aansluiting gebeurt volgens het Tichelman principe.

De kop van de warmtewisselaar ligt steeds lager dan het horizontaal leidingwerk.

De tussenafstand tussen aanvoer en retourleidingen bedraagt minimaal 0,5 m.
Bochten in de leidingen hebben een buigstraal van minimaal 35 x de buisdiameter.

Verbindingen in het horizontaal leidingwerk worden gemaakt met elektrolasmoffen en dit volgens de richtlijnen van de fabrikant van de moffen.

De werkelijke ligging van de wisselaars en de leidingen wordt aangegeven op een as-built plan.

De leidingen worden afgedekt met een zandlaag van minimaal 0,3 m. De overige aanvulling (0,5 m) gebeurt met een geschikt fijnkorrelig (diameter < 5 mm) materiaal, dat voldoende verdicht wordt. In elk geval wordt bij de afwerking rekening gehouden met het eindgebruik van het oppervlak en wordt de afwerking hieraan aangepast.

Bedrijfsklaar maken van de verticale bodemwarmtewisselaar

De verticale bodemwarmtewisselaar wordt doorstroomd met drinkwater aan een debiet van :

1 m ³ /uur/lus	voor buizen met een diameter van 25 mm
1,75 m ³ /uur/lus	voor buizen met een diameter van 32 mm
2,5 m ³ /uur/bodemlus	voor buizen met een diameter van 40 mm

De spoeltijd bedraagt 10 x de volumeinhoud van het systeem.

Verontreinigingen worden afgefilterd over een filterelement met een maaswijdte van 63 micrometer.

Na het doorspoelen van het systeem wordt het gevuld met het circuliatiemedium bijvoorbeeld monopropyleenglycol. Het circuliatiemedium wordt volledig bereid vooraleer het in de warmtewisselaar wordt ingebracht.

Het systeem wordt lucht en waterdicht afgesloten.

9.12 Testen

Voordat het systeem in bedrijf gesteld wordt, is het noodzakelijk om alle onderdelen grondig te reinigen en te spoelen, dit om onzuiverheden te verwijderen, en om het volledige BEO-systeem te ontlichten.

Het systeem wordt ontlicht na afvullen, waarbij de stromingsrichting in het BEO-veld voortdurend wordt omgekeerd. Afhankelijk van de inhoud van het systeem kan het nodig zijn ontlichting na enige tijd te herhalen. De aannemer is ertoe gebonden dit te herhalen totdat alle lucht uit de installatie verdwenen is.

Daarna moet het systeem een aantal testen en beproevingen ondergaan om de juiste montage en werking te controleren.

Bij die beproevingen dient men rekening te houden met volgende voorwaarden:

- De testen moeten uitgevoerd worden door een bevoegde monteur die volledig vertrouwd is met de onderdelen van het BEO-veld.
- Alle handelingen en materiaal dat onontbeerlijk is voor het correct uitvoeren van de tests, wordt voorzien door de aannemer en kan onmogelijk zorgen voor meerwerken.
- Er dient gebruik te worden gemaakt van registratieapparatuur met voldoende nauwkeurig bereik.
- De apparatuur dient gekalibreerd te zijn volgens de voorschriften van de fabrikant met een maximum van 12 maanden voor het uitvoeren van de tests.
- Volgende gegevens dienen duidelijk aangeduid te zijn op het testgereedschap: serienummer, datum laatste kalibratie met uitvoerder kalibratie.
- Alle gebreken in vakmanschap, materialen en andere onregelmatigheden, vastgesteld tijdens het uitvoeren van de tests, dienen onmiddellijk hersteld te worden. Deze herstelling gebeurt op kosten van de aannemer. Na de herstelling dient de testprocedure te worden herhaald.
- De resultaten dienen in een testformulier te worden samengevat door de aannemer.
- Indien een temperatuurverschil aanwezig is tussen het water in het systeem en de omgeving, dient het systeem in deze toestand gedurende minimaal 12 uur achtergelaten te worden.
- Tijdens de beproevingen dient temperatuurvariatie van het water in het systeem te worden voorkomen.
- Om non-conformiteiten zo snel mogelijk te kunnen herstellen, willen we aanraden om de gronddekking pas aan te brengen na het uitvoeren van deze tests.

Het bodemwarmtewisselaarsysteem wordt per hoofdonderdeel en in zijn geheel op dichtheid en op sterkte getest. De vier te ondernemen stappen zijn:

- | | |
|---------|-----------------------|
| Test 1. | bodemwarmtewisselaars |
| Test 2. | circuits en collector |
| Test 3. | BEO-veld |
| Test 4. | flow-test |

De resultaten van deze test worden opgenomen in een rapportage wat op zijn beurt opgenomen wordt in het Postinterventiedossier.

Test 1 bodemwarmtewisselaars

Aangezien de aannemer gebruik maakt van geprefabriceerde bodemwisselaars, die van fabriek af al een beproeving hebben doorstaan, moeten deze op de werf niet meer getest worden. Uiteraard moet de aannemer wel bij het indienen van het technisch dossier een beproevingsverslag bijvoegen.

Test 2 circuits en collector

Wanneer een circuit op de collector gemonteerd is, dient deze apart op dichtheid getest te worden om mogelijke lekken in het horizontaal leidingwerk op te sporen. Daarvoor worden de PP afsluitkranen op de collector van het respectievelijk circuit geopend en kan, door druk te zetten op de collector, een dichtheidstest uitgevoerd worden.

Test 3 BEO-veld

Nadat al het leidingwerk en de componenten op elkaar zijn aangesloten dient het totale bodemwarmtewisselaarsysteem, inclusief de warmtewisselaars op dichtheid te worden getest. Het BEO-veld wordt op een druk gebracht van de laagste drukklasse.

Test 4 flow-test

Om te kunnen garanderen dat er geen knikken in het leidingwerk zitten, zal de aannemer ook op elk circuit een flow-test uitvoeren. Deze test kan uitgevoerd worden na de ontluchting. Hiervoor wordt elk circuit afzonderlijk doorspoeld met hetzelfde debiet. De geregistreerde druk op de manometers die gemonteerd zijn op de collectoren (vertrek en retour) worden genoteerd in het rapport.

9.13 Documentatie en informatie

Bij de oplevering en inbedrijfname van het geothermische systeem dient het totale systeem bedrijfsklaar en werkend overgedragen te worden door de aannemer aan de gebruiker / eigenaar. De oplevering zelf verloopt in 2 fasen: een voorlopige en een definitieve oplevering.

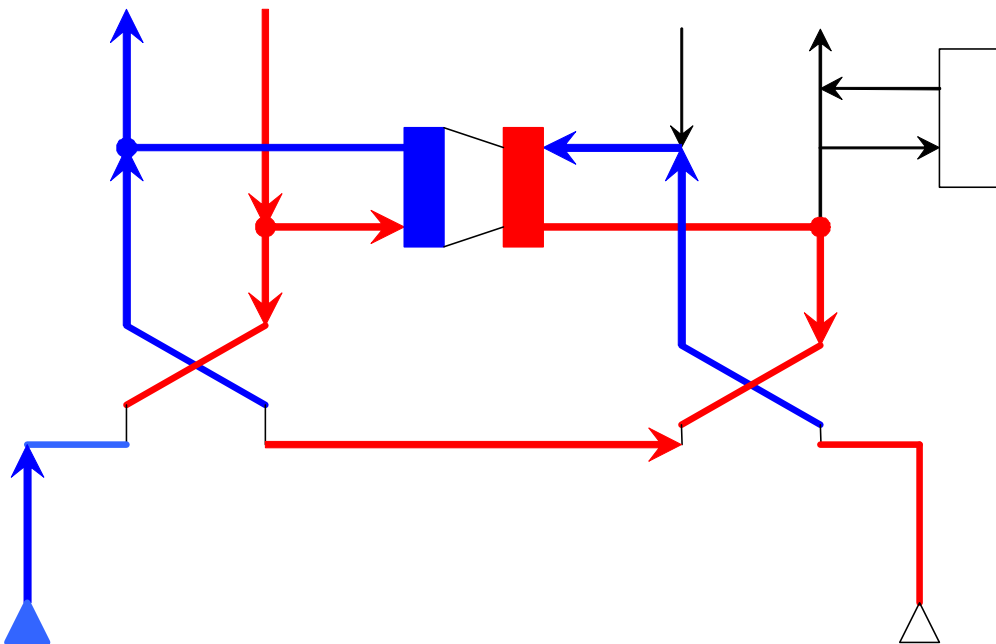
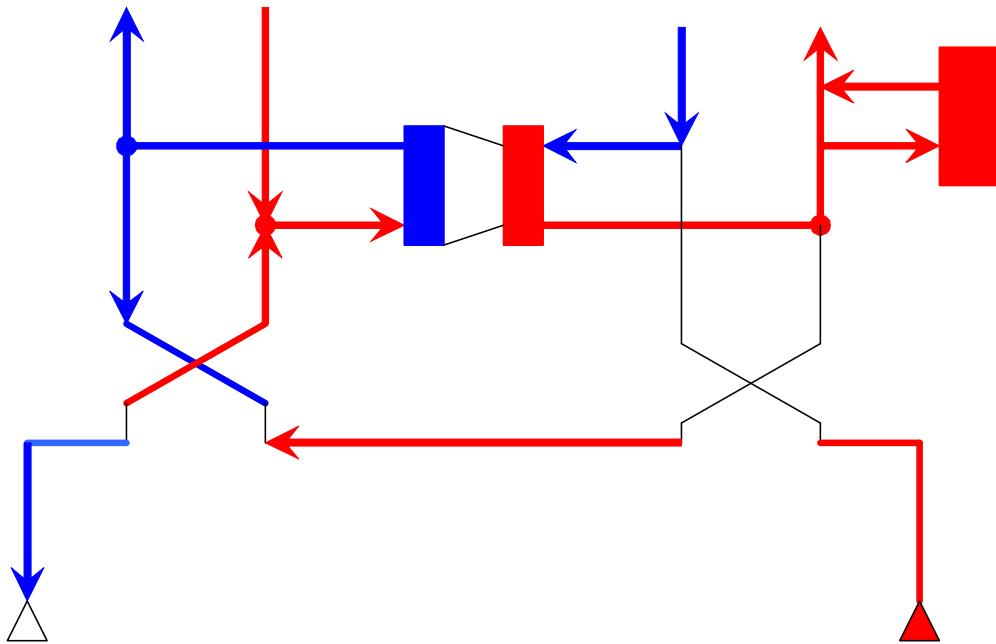
Bij een voorlopige en later definitieve oplevering dienen volgende documenten aangeleverd te worden:

- Boorstaat
- Uitrustingschema
- Testverslag
- Technische fiches van de gebruikte materialen
- As Built plan van de verticale bodemwarmtewisselaar

BIJLAGE 3: VOORBEELD TECHNISCH VERSLAGEN

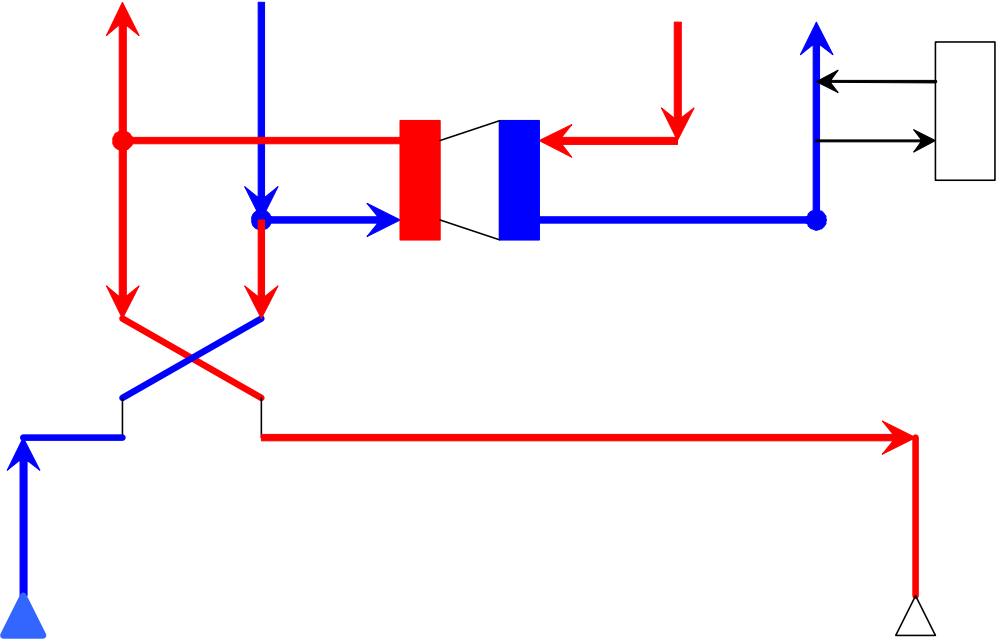
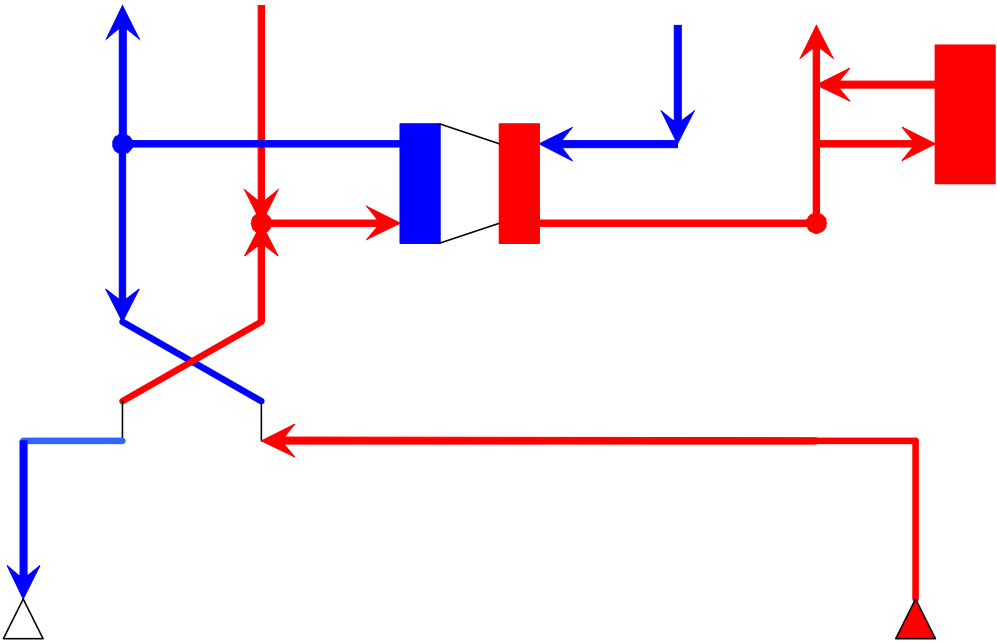
In bijlage 1 worden voor de verschillende geotechnieken (TECH-1 tot en met TECH-7) de technische verslagen weergegeven alsook enkele principeschema's.

Open Opslagsystemen – Type 1 / Niet omkeerbare warmtepomp + Aanvullende verwarming
WINTERBEDRIJF



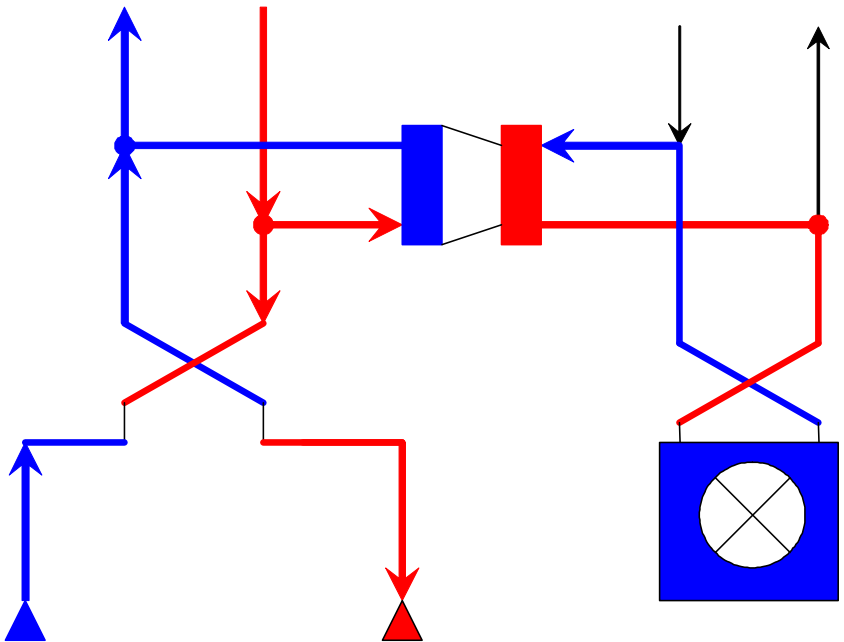
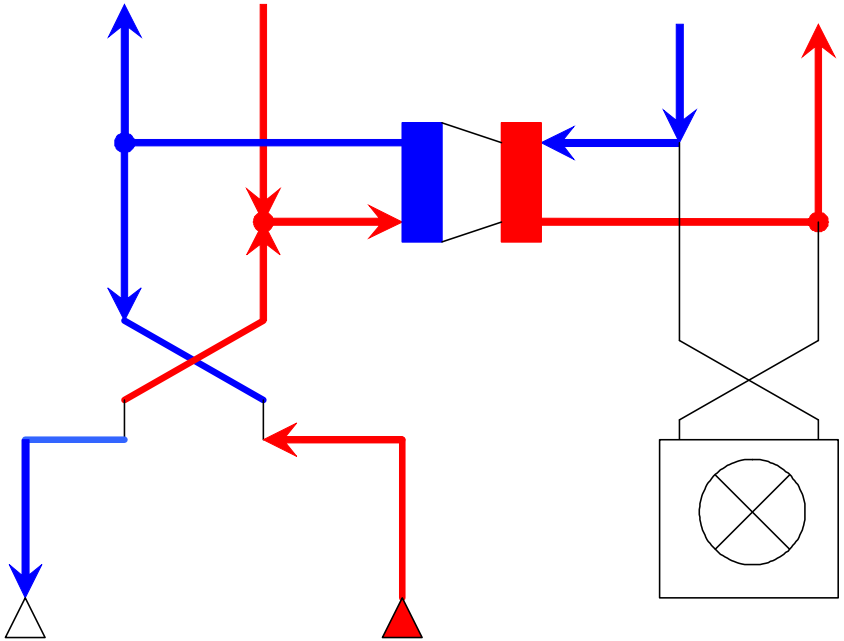
Open Opslagsystemen – Type 1 / Niet omkeerbare warmtepomp + Aanvullende verwarming
ZOMERBEDRIJF passief en/of actief koelen

Open Opslagsystemen – Type 2 / Omkeerbare warmtepomp + Aanvullende verwarming
 WINTERBEDRIJF



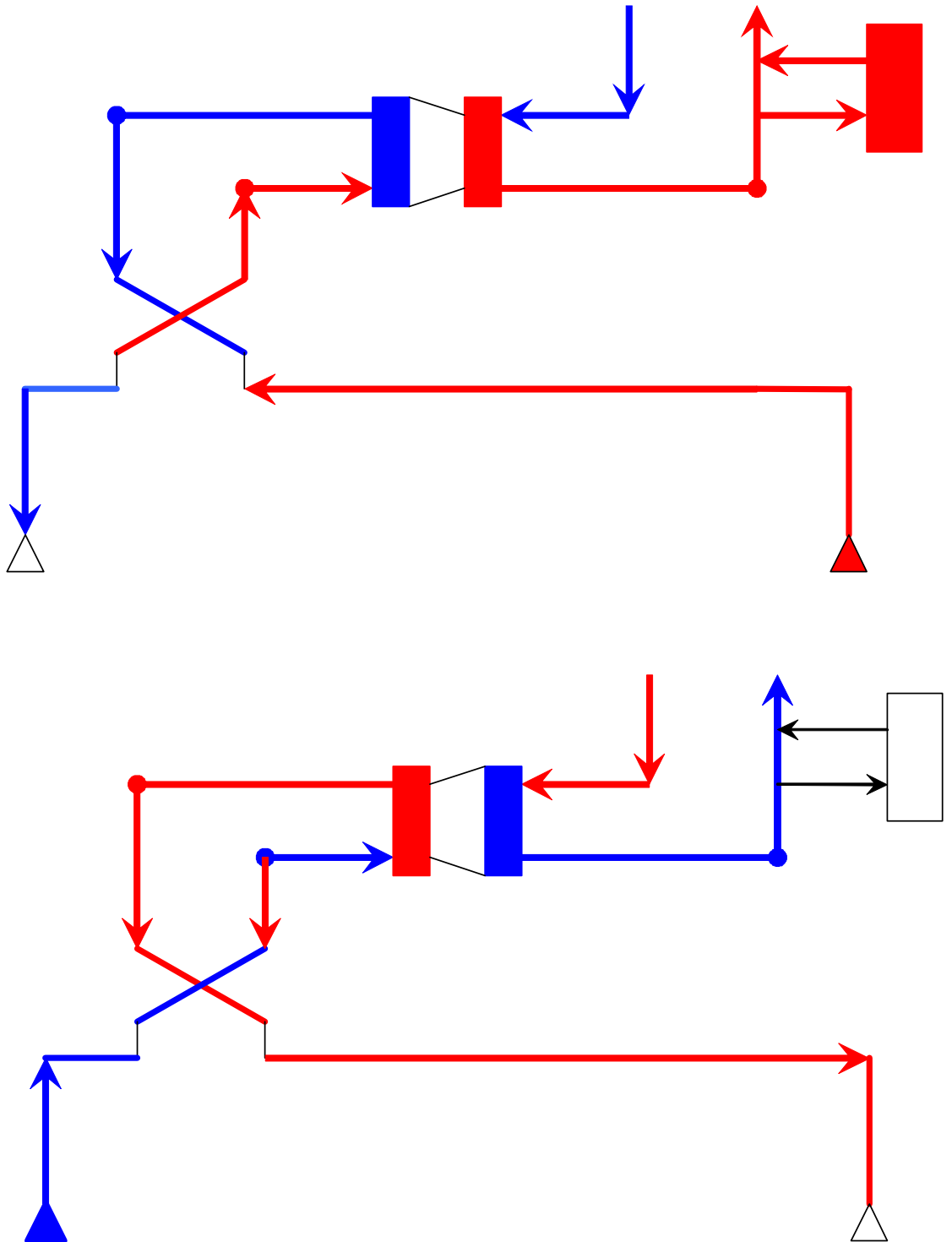
Open Opslagsystemen – Type 2 / Omkeerbare warmtepomp + Aanvullende verwarming
 ZOMERBEDRIJF (AKTIEF KOELEN)

Open Opslagsystemen – Type 3 / Niet omkeerbare warmtepomp + Aanvullende koeling
WINTERBEDRIJF

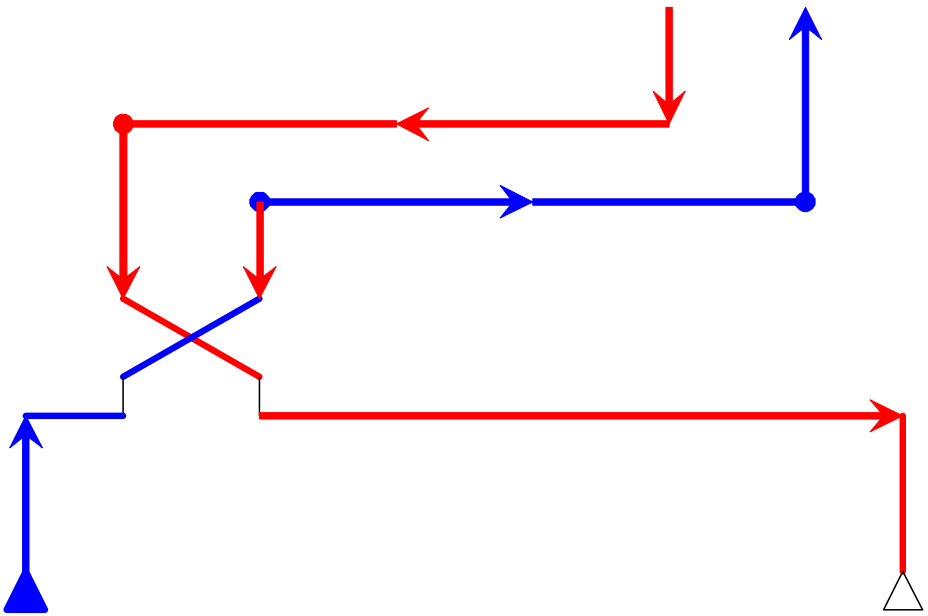
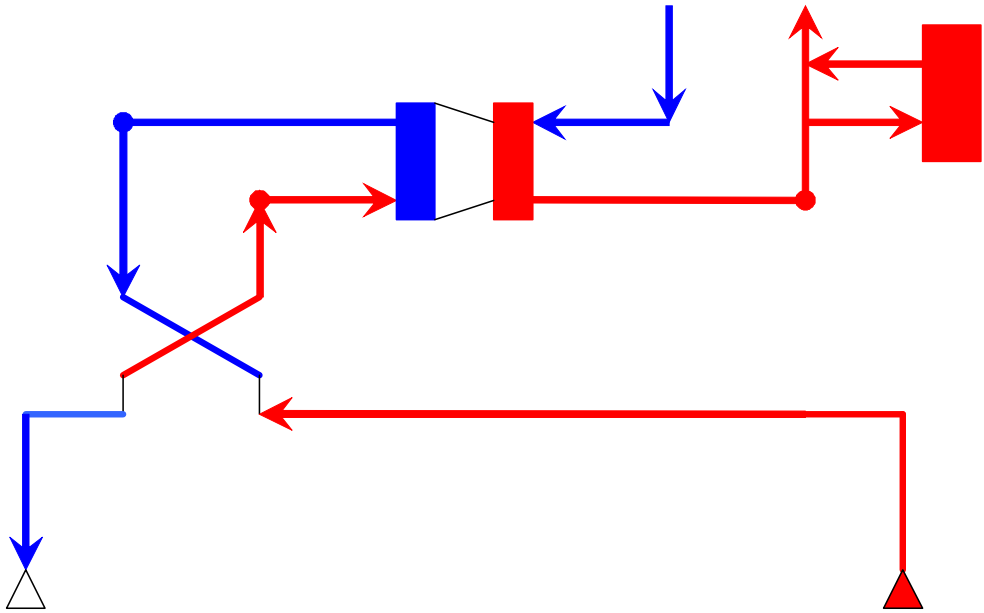


Open Opslagsystemen – Type 3 / Niet omkeerbare warmtepomp + Aanvullende koeling
ZOMERBEDRIJF – Passief en/of Aktief koelen

Principeschema's TECH-2 (grondwateronttrekking)



Open Onttrekkingssystemen – Warmteontrekking



Open Onttrekkingssystemen – Koudeontrekking Passief

Aanvraagformulier techniek 1 Koude-warmteopslag

1. IDENTIFICATIE AANVRAGER

Gegevens met betrekking tot de aanvrager van de milieuvergunning.

Naam		(1.1)
Straat + nr		(1.2)
Postnummer		(1.3)
Gemeente		(1.4)
Telefoonnr.		(1.5)
Faxnr.		(1.6)
Contactpersoon		(1.7)
E-mail		(1.8)

2. LOCATIE

Gegevens met betrekking tot de ligging van het project.

Naam van het project		(2.1)
Omschrijving van het project		(2.2)

Gemeente	Afdeling	Sectie	Nummer	
				(2.3)
				(2.4)

3. TECHNISCHE KENMERKEN VAN HET PROJECT

<i>Omschrijving</i>	Eenheid	
Open Opslagsysteem (3.1)	-	
Piekvermogen van de energievraag van de toepassing (3.2)	KW	
Piekvermogen van de onttrekking vanuit de ondergrond (3.3)	kW	
Jaargemiddeld primair energieverbruik van de toepassing (3.4)	MWh _t	
Jaargemiddelde warmtevraag van de toepassing (3.5)	MWh _t	
Jaargemiddelde koudevraag van de toepassing (3.6)	MWh _t	
Jaargemiddelde warmtevraag aan de bodem (3.7)	MWh _t	
Jaargemiddelde koudevraag aan de bodem (3.8)	MWh _t	
Gemiddeld temperatuursverschil tijdens verwarmen (3.9)	K	
Gemiddeld temperatuursverschil tijdens koelen (3.10)	K	
Jaarlijks verpompt volume ten behoeve van warmtelevering (3.11)	m ³ /j	
Jaarlijks verpompt volume ten behoeve van koudelevering (3.12)	m ³ /j	
Jaarlijks verpompt volume ten behoeve van onderhoud (spui) (3.13)	m ³ /j	
Maximaal debiet ten behoeve van warmteproductie (3.14)	m ³ /h	
Maximaal debiet ten behoeve van koudeproductie (3.15)	m ³ /h	
Maximaal debiet ten behoeve van onderhoud (spui) (3.16)	m ³ /h	
Aantal bronnenparen (3.17)	#	
Verwarmen enkel met warmtepomp (3.18)	Ja/Neen	
Verwarmen met warmtepomp en gas/stookolie of elektrische weerstandsverwarming (3.19)	Ja/Neen	
Verwarmen enkel met gas/stookolie, elektrische weerstandsverwarming of luchtverwarmde verdamper warmtepomp (3.20)	Ja/Neen	
Vermogensaandeel van de warmtepomp (3.21)	%	
Enkel passief koelen (3.22)	Ja/Neen	
Passief koelen en actief koelen (3.23)	Ja/Neen	
Enkel actief koelen (3.24)	Ja/Neen	
Vermogensaandeel Passief koelen (3.25)	%	

*Passief koelen : koelen zonder tussenkomst van warmtepomp en/of koelmachine

** Aktief koelen : koelen met koelmachine of warmtepomp

De installatie wordt aangebracht in :

- de zanden van Brussel (aanname (k-waarde 10 m/dag, dikte 20 m, porositeit 30%) (3.26)

- in het Landeniaan (aanname (k-waarde 10 m/dag, dikte 10 m, porositeit 5%) (3.27)
- het Krijt (3.28)

De tussenafstand tussen de koude en de warme cluster bedraagt :

- minder dan 25 m (3.29)
- minder dan 100 m (3.30)
- minder dan 500 m (3.31)

Het maximale seizoensmatige onttrekkingsdebiet (koude of warmte) bedraagt :

- minder dan 2.000 m³/seizoen (3.32)
- meer dan 2.000 m³/seizoen maar minder dan 20.000 m³/seizoen (3.33)
- meer dan 20.000 m³/seizoen maar minder dan 200.000 m³/seizoen (3.34)

De aanvrager voegt in bijlage 1 een principeschema toe van de installatie waarin alle componenten van de installatie zijn opgenomen. Hij geeft aan de hand van dit schema op een overzichtelijke wijze alle werkingsmodi van de installatie weer.

Een aantal principeschema's zijn weergegeven in de "Principeschema's open systemen".

De aanvrager voegt in bijlage 2 een inplantingsplan van de installatie toe waarop de locatie van de hoofdcomponenten is weergegeven (Warme bronnen, Koude bronnen, Technische Ruimte , ...).

4. KENMERKEN VAN DE ONDERGROND

De vermoedelijke opbouw van de ondergrond ter hoogte van de site is opgesteld op basis van de onderstaande bronnen :

Identificatie nr.	Bronomschrijving	
1	Grondonderzoek + referentie	(4.1)
2	Literatuur + referentie	(4.2)
3	Proefboring + referentie	(4.3)
4	Kartering (DOV, ...) + referentie	(4.4)

De opbouw van de ondergrond wordt weergegeven in de onderstaande tabel :

Identificatie nr.	Aanvangsdiepte	Einddiepte	Lithologie	Lithostratigrafie	Doorlatendheid (m/d)
1	..... m	..... m			
2	..... m	..... m			
3	..... m	..... m			
4	..... m	..... m			
5	..... m	..... m			
6	..... m	..... m			
7	..... m	..... m			
8	..... m	..... m			
9	..... m	..... m			
10	..... m	..... m			

Grondwaterpeil in rust :m-MV (4.5)

Grondwatertemperatuur in rust :..... °C (4.6)

De doorlatendheid van de watervoerende laag waarin de koude-opslag gepland is bedraagt ca. m/d. De doorlatendheid van de watervoerende laag is bepaald uit : (4.7)

Een pompproef met ref rapport (Bijlage 3)(4.8)

Literatuurgegevens nl.(4.9)

5. KENMERKEN VAN DE OMGEVING

A. MILIEUVERONTREINIGINGEN IN DE OMGEVING VAN DE SITE EN IN DE LAGEN WAARIN TEN BEHOEVE VAN HET SYSTEEM GRONDWATER WORDT VERPOMPT

De onderstaande vragen moeten een inzicht verschaffen met betrekking tot het risico op het verspreiden van aanwezige verontreinigingen.

- De site is niet verontreinigd. (5.a.1)
- De site is verontreinigd en er is een beschrijvend bodemonderzoek uitgevoerd met als referentie. (5.a.2)
..... (Bijlage 3)
- Er is geen informatie met betrekking tot een eventuele verontreiniging van de site. (5.a.3)

De bovenstaande gegevens vormen de inputgegevens van de onderstaande determinatietabel. Uit deze determinatietabel volgt de invloedstraal waarbinnen een significante verplaatsing van een verontreiniging mogelijk is.

Tabel : Afstanden tot het centrum van de opslag in m waarbij de seizoensmatige verplaatsing 1 m bedraagt

Invloedszone Zanden van Brussel		Tussenafstand koude warme bron (m)		
		<25	<100	<500
Invloedszone Landeniaan				
Seizoenmatig onttrekkingsdebiet (m ³ /seizoen)	<2.000	40	90	300
		<u>130</u>	<u>250</u>	<u>600</u>
	<20.000	100	250	550
		<u>400</u>	<u>800</u>	<u>1.800</u>
	<200.000	350	700	1.600
		<u>1.250</u>	<u>2.500</u>	<u>5.500</u>

Uitgaande van de kengetallen onder punt 3. wordt voor deze aanvraag een invloedstraal bekomen van m. (5.a.4).

Indien de opstelling van de bronnen of de watervoerende laag afwijkende kenmerken heeft t.o.v. de bovenstaande aannames dan doet de aanvrager zelf een gefundeerd voorstel voor de bepaling van de invloedszone waarbinnen de maximale verplaatsing van de verontreiniging over een periode van 20 jaar beperkt blijft tot 1 m. Dit voorstel wordt bijgevoegd in bijlage 3.

Geef in de onderstaande tabel een overzicht van alle grondwaterverontreinigingen in de watervoerende laag waarin de koude-warmteopslag wordt geplaatst. Groepeer de verontreinigingen op basis van de afstand tot de site.

Identificatie	Dossier IBGE/BIM OVAM SPAQUE	Aard van de verontreiniging	Aquifer
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			

B. GRONDWATERWINNINGEN IN DE OMGEVING VAN DE SITE

De onderstaande vragen moeten inzicht verschaffen met betrekking tot de beïnvloeding van reeds bestaande grondwaterwinningen en opslagprojecten.

De bovenstaande gegevens vormen de inputgegevens van de onderstaande determinatietabel. Uit deze determinatietabel volgt de invloedsstraal waarbinnen een significante grondwaterverlaging mogelijk is.

Tabel : Afstanden tot het centrum van de opslag in m waarbij de grondwaterwijziging bij een een maximaal onttrekkingsdebiet beperkt blijft tot 0,5 m.

Invloedszone Zanden van Brussel		Tussenafstand koude warme bron (m)		
Invloedszone Landeniaan		<25	<100	<500
Seizoenmatig onttrekkingsdebiet (m³/seizoen)	<2.000	-	-	-
		=	=	=
	<20.000	6	60	300
		<u>14</u>	<u>140</u>	<u>700</u>
	<200.000	40	400	2000
		<u>140</u>	<u>1.400</u>	<u>7.000</u>

Uitgaande van de kengetallen onder punt 3. wordt voor deze aanvraag een invloedsstraal bekomen van m. (5.b.1)

Indien de opstelling van de bronnen of de watervoerende laag afwijkende kenmerken heeft t.o.v. de bovenstaande aannames dan doet de aanvrager zelf een gefundeerd voorstel voor de bepaling van de invloedszone waarbinnen de maximale grondwaterverlaging beperkt blijft tot 0,5 m. Dit voorstel wordt bijgevoegd in bijlage 3.

Geef in de onderstaande tabel een overzicht van alle grondwaterwinningen die liggen binnen de hierboven bekomen invloedsstraal en in de watervoerende laag waarin de koude-warmteopslag wordt geplaatst . Groepeer de grondwaterwinningen op basis van de afstand tot de site.

Identificatie	Dossier IBGE/BIM AED VMM	Uitbater grondwaterwinning	Aquifer
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			

C. ZONES MET ZETTINGSGEVOELIGE GRONDEN

Duidt binnen de zone die onder punt 5.b. wordt bekomen die zones aan waarvan uit karteringen (DOV, ...) is geweten dat zich onmiddellijk boven de watervoerende laag waarin de open onttrekking wordt aangebracht weinig draagkrachtige alluviale afzettingen bevinden.

Voeg deze kaart toe als bijlage 3 bij dit document.

D. ZONES MET HOGE NATUURLIJKE GRONDWATERSTAND

De onderstaande vragen moeten een inzicht geven in het risico op vernatting ten gevolge van de toepassing van een koude-warmteopslag.

- De koude-warmteopslag wordt uitgebaat in de meest ondiepe watervoerende laag (5.d.1)
- De grondwaterstand in deze watervoerende is gekend en bevindt zich op een diepte van ca. m-TAW.(5.d.2)
- De grondwaterstand in deze watervoerende laag is niet gekend. (5.d.3)
- De laagste vermoedelijke maaiveldhoogte in het invloedsgebied van de installatie bedraagt m-TAW.(5.d.4)
- Onderstaande ondergrondse infrastructuurwerken bevinden zich binnen de invloedszone van de installatie in de watervoerende laag waarin de installatie wordt aangebracht. Het laagste vermoedelijke niveau van deze infrastructuurwerken bedraagt m-TAW.(5.d.5)

Identificatie	Omschrijving van de ondergrondse infrastructuur

6. INVLOED VAN HET SYSTEEM OP DE OMGEVING

A. WIJZIGINGEN VAN DE STIJGHOOGTE

1. Tijdens de aanleg van het systeem

Tijdens de aanleg van het systeem worden de bronnen ontwikkeld.

- Aantal bronnenstuks (6.a.i.1)
- Maximaal brondebiet tijdens ontwikkelingm³/h (6.a.i.2)
- Maximale pompduur tijdens ontwikkelinguren per bron (6.a.i.3)
- Totaal onttrokken volume tijdens de aanlegm³ (6.a.i.4)

De grondwaterverlaging tijdens de aanleg van het systeem is begroot :

- Op analytische wijze voor systemen met een verpompt volume per seizoen < 2.000 m³/seizoen
- Met behulp van een numeriek model voor systemen met een verpompt volume > 2.000 m³/seizoen.

De uitgangspunten en de resultaten van deze berekeningen zijn te vinden in bijlage 3.

2. Tijdens de uitbating

- Aantal bronparenstuks (6.a.ii.1)
- Maximaal brondebiet per bronnenpaarm³/h (6.a.ii.2)
- Maximale pompduururen per bron (6.a.ii.3)
- Totaal verpompt volume per seizoenm³ (6.a.ii.4)

De gemiddelde (gemiddeld verpompte debiet) en de maximale grondwaterstandswijziging (piekdebiet / piekdur) tijdens uitbating zijn begroot :

- Op analytische wijze voor systemen met een verpompt volume per seizoen < 2.000 m³/seizoen
- Met behulp van een numeriek model voor systemen met een verpompt volume > 2.000 m³/seizoen.

De uitgangspunten en de resultaten van deze berekeningen zijn te vinden in bijlage 3.

B. VERPLAATSING VAN VERONTREINIGINGEN

De seizoensmatige verplaatsing tengevolge van de koude-warmteopslag van de verontreinigingen zoals opgelijst in punt 5.a zijn begroot met behulp van :

- een analytisch model voor systemen met een seizoenmatig onttrekkingsdebiet kleiner dan 2.000 m³/seizoen
- een numeriek model voor systemen met een seizoenmatig onttrekkingsdebiet groter dan 2.000 m³/seizoen

De berekeningen worden uitgevoerd op basis van een stroombaanberekening (MODFLOW + MODPATH, ...)

De uitgangspunten van deze berekeningen en de resultaten ervan worden weergegeven in bijlage 3.

Identificatie	Dossier IBGE/BIM	Aard van de verontreiniging	Aquifer	Maximale verplaatsing
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				

C. ZETTINGEN AAN BESTAANDE CONSTRUCTIES

De maximale grondwaterverlaging ter hoogte van de zones die in kaart zijn gebracht onder punt 5.c. bedragen m. (6.b.1)

Op basis van beschikbaar sonderingen (DOV, ...) met referentie worden de maximale zettingen ter hoogte van deze zone begroot opcm. (6.b.2)

- De berekende zettingen zijn kleiner dan 2 cm. (6.b.3)
- De berekende zettingen zijn groter dan 2 cm. De zones waarin de berekende zettingen mogelijk groter zijn dan 2 cm zijn aangegeven op de kaart in bijlage 3. (6.b.4)

D. VERNATTING

De relatieve stijghoogteverandering zoals begroot onder punt 6.a. kan gesuperponeerd worden op de hoogtekkaart van het gebied. De zones waarin de resulterende grondwaterpeilen hoger liggen dan het maaiveld – 1 m zijn risicogebieden voor vernatting.

- er is geen risico op vernatting (6.c.1)
- er is een risico op vernatting, Deze zones zijn weergegeven op de kaart in bijlage 3. (6.c.2)

Analoog kan de stijghoogtekaart worden gesuperponeerd op de hoogtekaart van de bestaande bouwkundige werken.

- er is geen risico op vernatting ter hoogte van de bestaande bouwkundige werken (6.c.3)
- er is een risico op vernatting ter hoogte van de bestaande bouwkundige werken. Deze zones zijn weergegeven op de kaart in bijlage 3. (6.c.4)

E. LEKKEN VAN MILIEUVREEMDE STOFFEN NAAR DE OMGEVING

Elk open-opslagsysteem bestaat uit een primair en een secundair circuit. Het medium in het primaire circuit is steeds grondwater. Het medium in het secundair circuit is technisch water, een waterige oplossing van een antivries-middel of een andere bodemvreemde vloeistof.

Onderstaande vragenlijst maakt het mogelijk om zicht te krijgen op de veiligheid m.b.t. het lekken van milieuvreemde stoffen naar de omgeving :

- Het leidingwerk van het primair circuit is tot een minimum beperkt. (6.d.1)
- De koude van het primair circuit wordt zonder tussenkomst van een aantal compacte warmtewisselaar van het primair systeem naar de eindafnemers overgedragen. (6.d.2)
- De vloeistof in het secundair circuit is van categorie 3 of lager volgens de norm NBN EN 1717. (6.d.3)
- De vloeistof in het secundair circuit is van categorie 4 volgens de norm NBN EN 1717. (6.d.4)
- Het primair circuit is van het secundair circuit gescheiden door middel van een enkelwandige warmtewisselaar. (Er is één hydraulisch scheidende laag tussen de vloeistof van het primair circuit en het secundair circuit). (6.d.5)
- Het primair circuit is van het secundair circuit gescheiden door middel van een dubbelwandige warmtewisselaar. (Er zijn twee scheidende lagen tussen de vloeistof van het secundaire circuit en de vloeistof van het primaire circuit). (6.d.6)
- Het primair circuit is door een hydraulisch geïsoleerd tussencircuit van het secundair circuit gescheiden. Dit tussencircuit heeft als enige functie het opsporen van lekken. Het volume van het tussencircuit is tot een minimum beperkt. (6.d.7)
- Het primair circuit wordt niet actief in overdruk gehouden ten opzichte van de atmosfeer en van de ontgassingsdruk van het grondwater. (6.d.8)
- Het primair circuit wordt zowel tijdens rust als tijdens bedrijf van de installatie actief in overdruk gehouden ten opzichte van de atmosfeer en van de ontgassingsdruk van het grondwater. (6.d.9)
- Het primair circuit is uitgerust met een lekdetectie systeem. Het lekdetectiesysteem is beschreven in bijlage 3. (6.d.10)
- Het primair circuit is niet uitgerust met een lekdetectie systeem. (6.d.11)
- Het secundair circuit is uitgerust met een lekdetectie systeem. Het lekdetectiesysteem is beschreven in bijlage 3. (6.d.12)
- Het secundair circuit is niet uitgerust met een lekdetectie systeem.(6.d.13)

F. THERMISCHE BEÏNVLOEDING VAN DE ONDERGROND

Elk open opslagsysteem heeft een thermische beïnvloeding van de bodem tot gevolg. De onderstaande vragenlijst heeft tot doel zicht te krijgen op de wijze waarop de opslag beheerd zal worden en op de invloed die de opslag zal hebben op aangrenzende percelen.

De thermische invloed het open onttrekkingssysteem op de bodem is begroot met behulp van :

- een analytisch model voor systemen met een seizoenmatig onttrekkingsdebiet kleiner dan 2.000 m³/seizoen (6.e.1)
- een numeriek transportmodel voor systemen met een seizoenmatig onttrekkingsdebiet groter dan 2.000 m³/seizoen (MODFLOW/MT3D; HST3D; ...) (6.e.2)

De aanvrager omschrijft duidelijk de grondeigenschappen (warmtegeleiding, thermische capaciteit, porositeit, doorlatendheid, ...) en de randvoorwaarden van de modellering alsook de thermische belastingen.

Het resultaat omvat :

- de evolutie van de onttrekkingstemperaturen van het grondwater (6.e.3)
- de thermische invloed op de omgeving op het einde van het verwarmingsseizoen na een periode van 30 jaar (6.e.4)
- de thermische invloed op de omgeving op het einde van het koelseizoen na een periode van 30 jaar (6.e.5)

De uitgangspunten en de resultaten van deze berekening zijn weergegeven in bijlage 3.

De volgende vragen dienen inzicht te verschaffen over de wijze waarop het evenwicht van de opslag beheerd wordt :

- de opslag wordt niet actief beheerd (6.e.6)
- de opslag wordt actief beheerd (6.e.7)
- er is theoretisch een netto overschot aan koudeproductie. Het teveel aan koude productie wordt zo nodig vernietigd door gebruik te maken van een lage temperatuur zonnecollector. (6.e.8)
- er is theoretisch een netto overschot aan warmteproductie. Het teveel aan warmte wordt zo nodig afgevoerd door middel van een droge koeler. (6.e.9)
- er is theoretisch een netto overschot aan koudeproductie. Het verwarmingssysteem bestaat uit een combinatie van een grondgekoppelde warmtepomp en een verwarmingsketel op fossiele brandstof of een luchtgekoppelde warmtepomp. Het systeem wordt in evenwicht gehouden door in te spelen op de energievraag aan de grondgekoppelde warmtepomp en de niet grondgekoppelde systemen. (6.e.10)
- er is theoretisch een netto overschot aan warmteproductie. Het koelsysteem bestaat uit een combinatie van passieve grondgekoppelde koudeproductie en actieve niet-grondgekoppelde koudeproductie. Het systeem wordt in evenwicht gehouden door in te spelen op de verhouding tussen de koudeproductie uit de grondgekoppelde

koudeproductie en de koudeproductie uit de actieve niet grondgekoppelde
koudeproductie. (6.e.11)

Bij elk exemplaar van het technisch verslag worden volgende bijlagen bijgevoegd:

- Bijlage 1: een principeschema van de installatie waarin alle componenten van de installatie zijn aangeduid;
- Bijlage 2: een inplantingplan van de installatie waarop de locatie van de hoofdcomponenten is weergegeven;
- Bijlage 3: een beschrijving van de eventueel uitgevoerde studies (dimensionering, vermogens, energiehoeveelheden, ...); (enkel bij tertiaire toepassingen);
- Bijlage 4: een plan met de nummers en de grenzen van de betrokken kadastrale percelen te verkrijgen bij het Bestuur van het Kadaster, Stevensstraat 7 - 1000 BRUSSEL (tel. 02/552.54.11 of 25);
- Bijlage 5: evenals een uittreksel van de kaart van de omgeving op schaal 1/10.000; de plaats van de geothermische installatie moet op beide plannen aangeduid zijn. Ik wijs er u op, dat u desgewenst een kaart van de omgeving op 1/10.000 kan bekomen (gewone kaart in kleur) door te schrijven naar het Nationaal Geografisch Instituut, Abdij ter Kameren, 13, 1050 BRUSSEL (met opgave van : naam van de oude gemeente vóór de fusie van 1976, naam van het gehucht of veldnaam, de nabijgelegen straat of weg).

<p>Aanvraagformulier techniek 2 Enkel grondwateronttrekking</p>

1. IDENTIFICATIE AANVRAGER

Gegevens met betrekking tot de aanvrager van de milieuvergunning.

Naam		(1.1)
Straat + nr		(1.2)
Postnummer		(1.3)
Gemeente		(1.4)
Telefoonnr.		(1.5)
Faxnr.		(1.6)
Contactpersoon		(1.7)
E-mail		(1.8)

2. LOCATIE

Gegevens met betrekking tot de ligging van het project.

Naam van het project		(2.1)
Omschrijving van het project		(2.2)

Gemeente	Afdeling	Sectie	Nummer	
				(2.3)
				(2.4)

3. TECHNISCHE KENMERKEN VAN HET PROJECT

<i>Omschrijving</i>	Eenheid	
Open Warmteonttrekking (3.1)	-	
Open Koudeonttrekking (3.2)	-	
Piekvermogen van de energievraag van de toepassing(3.3)	KW	
Piekvermogen van de onttrekking vanuit de ondergrond (3.4)	kW	
Jaargemiddeld primair energieverbruik van de toepassing (3.5)	MWh _t	
Jaargemiddelde energievraag van de toepassing (3.6)	MWh _t	
Jaargemiddelde energievraag aan de bodem (3.7)	MWh _t	
Gemiddeld temperatuursverschil van de energieonttrekking (3.8)	K	
Jaarlijks verpompt volume ten behoeve van energielevering (3.9)	m ³ /j	
Jaarlijks verpompt volume ten behoeve van onderhoud (spui) (3.10)	m ³ /j	
Maximaal debiet ten behoeve van energieproductie (3.11)	m ³ /h	
Maximaal debiet ten behoeve van onderhoud (spui) (3.12)	m ³ /h	
Aantal bronnenparen (3.13)	#	
Verwarmen enkel met warmtepomp (3.14)	Ja/Neen	
Verwarmen met warmtepomp en gas/stookolie of elektrische weerstandsverwarming (3.15)	Ja/Neen	
Verwarmen met gas/stookolie of elektrische weerstandsverwarming (3.16)	Ja/Neen	
Vermogensaandeel van de warmtepomp (3.17)	%	
Enkel passief koelen (3.18)	Ja/Neen	
Passief koelen en actief koelen (3.19)	Ja/Neen	
Enkel actief koelen (3.20)	Ja/Neen	
Vermogensaandeel Passief koelen (3.21)	%	

*Passief koelen : koelen zonder tussenkomst van warmtepomp en/of koelmachine

** Actief koelen : koelen met koelmachine of warmtepomp

De installatie wordt aangebracht in :

- de zanden van Brussel (aannname (k-waarde 10 m/dag, dikte 20 m, porositeit 30%) (3.22)
- in het Landeniaan (aannname (k-waarde 10 m/dag, dikte 10 m, porositeit 5%) (3.23)
- het Krijt (3.24)

De tussenafstand tussen de koude en de warme cluster bedraagt :

- minder dan 25 m (3.25)
- minder dan 100 m (3.26)
- minder dan 500 m (3.27)

Het maximale seizoensmatige onttrekkingsdebiet (koude of warmte) bedraagt :

- minder dan 2.000 m³/seizoen (3.28)
- meer dan 2.000 m³/seizoen maar minder dan 20.000 m³/seizoen (3.29)
- meer dan 20.000 m³/seizoen maar minder dan 200.000 m³/seizoen (3.30)

De aanvrager voegt in bijlage 1 een principeschema toe van de installatie waarin alle componenten van de installatie zijn opgenomen. Hij geeft aan de hand van dit schema op een overzichtelijke wijze alle werkingsmodi van de installatie weer.

De aanvrager voegt in bijlage 2 een inplantingsplan van de installatie toe waarop de locatie van de hoofdcomponenten is weergegeven (Warme bronnen, Koude bronnen, Technische Ruimte , ...).

4. KENMERKEN VAN DE ONDERGROND

De vermoedelijke opbouw van de ondergrond ter hoogte van de site is opgesteld op basis van de onderstaande bronnen :

Identificatie nr.	Bronomschrijving	
1	Grondonderzoek + referentie	(4.1)
2	Literatuur + referentie	(4.2)
3	Proefboring + referentie	(4.3)
4	Kartering (DOV, ...) + referentie	(4.4)

De opbouw van de ondergrond wordt weergegeven in de onderstaande tabel :

Identificatie nr.	Aanvangsdiepte	Einddiepte	Lithologie	Lithostratigrafie	Doorlatendheid (m/d)
1	..... m	..... m			
2	..... m	..... m			
3	..... m	..... m			
4	..... m	..... m			
5	..... m	..... m			
6	..... m	..... m			
7	..... m	..... m			
8	..... m	..... m			
9	..... m	..... m			
10	..... m	..... m			

Grondwaterpeil in rust :m-MV (4.5)

Grondwatertemperatuur in rust :.....°C (4.6)

De doorlatendheid van de watervoerende laag waarin de koude-opslag gepland is bedraagt ca. m/d. De doorlatendheid van de watervoerende laag is bepaald uit : (4.7)

Een pompproef met ref rapport (Bijlage 3)(4.8)

Literatuurgegevens nl.(4.9)

5. KENMERKEN VAN DE OMGEVING

A. MILIEUVERONTREINIGINGEN IN DE OMGEVING VAN DE SITE EN IN DE LAGEN WAARIN TEN BEHOEVE VAN HET SYSTEEM GRONDWATER WORDT VERPOMPT

De onderstaande vragen moeten een inzicht verschaffen met betrekking tot het risico op het verspreiden van aanwezige verontreinigingen.

- De site is niet verontreinigd. (5.a.1)
- De site is verontreinigd en er is een beschrijvend bodemonderzoek uitgevoerd met als referentie. (5.a.2)
..... (Bijlage 3)
- Er is geen informatie met betrekking tot een eventuele verontreiniging van de site. (5.a.3)

De bovenstaande gegevens vormen de inputgegevens van de onderstaande determinatietabel. Uit deze determinatietabel volgt de invloedsstraal waarbinnen een significante verplaatsing van een verontreiniging mogelijk is.

Tabel : Afstanden tot het centrum van de opslag in m waarbij de verplaatsing over een periode van 20 jaar maximaal 1 m bedraagt

Invloedszone Zanden van Brussel		Tussenafstand koude warme bron (m)		
		<25	<100	<500
Seizoenmatig onttrekkingsdebiet (m³/seizoen)	<2.000	200	350	750
		<u>600</u>	<u>1200</u>	<u>2500</u>
	<20.000	500	1000	2.317
		<u>1.800</u>	<u>3.500</u>	<u>8.000</u>
	<200.000	1.600	3.300	7.300
		<u>5.600</u>	<u>11.300</u>	<u>25.000</u>

Uitgaande van de kengetallen onder punt 3. wordt voor deze aanvraag een invloedsstraal bekomen van m. (5.a.4)

Indien de opstelling van de bronnen of de watervoerende laag afwijkende kenmerken heeft t.o.v. de bovenstaande aannames dan doet de aanvrager zelf een gefundeerd voorstel voor de bepaling van de invloedszone waarbinnen de maximale verplaatsing van de verontreiniging over een periode van 20 jaar beperkt blijft tot 1 m. Dit voorstel wordt bijgevoegd in bijlage 3.

Geef in de onderstaande tabel een overzicht van alle grondwaterverontreinigingen in de watervoerende laag waarin de koude-warmteopslag wordt geplaatst. Groepeer de verontreinigingen op basis van de afstand tot de site.

Identificatie	Dossier IBGE/BIM OVAM SPAQUE	Aard van de verontreiniging	Aquifer
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			

B. GRONDWATERWINNINGEN IN DE OMGEVING VAN DE SITE

De onderstaande vragen moeten inzicht verschaffen met betrekking tot de beïnvloeding van reeds bestaande grondwaterwinningen en opslagprojecten.

De bovenstaande gegevens vormen de inputgegevens van de onderstaande determinatietabel. Uit deze determinatietabel volgt de invloedsstraal waarbinnen een significante grondwaterverlaging mogelijk is.

Tabel : Afstanden tot het centrum van de opslag in m waarbij de grondwaterwijziging bij een een maximaal onttrekkingsdebiet beperkt blijft tot 0,5 m.

Invloedszone Zanden van Brussel		Tussenafstand koude warme bron (m)		
Invloedszone Landenaan		<25	<100	<500
Seizoenmatig onttrekkingsdebiet (m³/seizoen)	<2.000	-	-	-
		:	:	:
	<20.000	6	60	300
		<u>14</u>	<u>140</u>	<u>700</u>

		40	400	2000
	<200.000	<u>140</u>	<u>1.400</u>	<u>7.000</u>

Uitgaande van de kengetallen onder punt 3. wordt voor deze aanvraag een invloedsstraal bekomen van m. (5.b.1)

Indien de opstelling van de bronnen of de watervoerende laag afwijkende kenmerken heeft t.o.v. de bovenstaande aannames dan doet de aanvrager zelf een gefundeerd voorstel voor de bepaling van de invloedszone waarbinnen de maximale grondwaterverlaging beperkt blijft tot 0,5 m. Dit voorstel wordt bijgevoegd in bijlage 3.

Geef in de onderstaande tabel een overzicht van alle grondwaterwinningen die liggen binnen de hierboven bekomen invloedsstraal en in de watervoerende laag waarin de koude-warmteopslag wordt geplaatst . Groepeer de grondwaterwinningen op basis van de afstand tot de site.

Identificatie	Dossier IBGE/BIM AED VMM	Uitbater grondwaterwinning	Aquifer
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			

C. ZONES MET ZETTINGSGEVOELIGE GRONDEN

Duidt binnen de zone die onder punt 5.b. wordt bekomen die zones aan waarvan uit karteringen (DOV, ...) is geweten dat zich onmiddellijk boven de watervoerende laag waarin de open onttrekking wordt aangebracht weinig draagkrachtige alluviale afzettingen bevinden.

Voeg deze kaart toe als bijlage 3 bij dit document.

D. ZONES MET HOGE NATUURLIJKE GRONDWATERSTAND

De onderstaande vragen moeten een inzicht geven in het risico op vernatting ten gevolge van de toepassing van een koude-warmteopslag.

- De koude-warmteopslag wordt uitgebaat in de meest ondiepe watervoerende laag (5.d.1)
- De grondwaterstand in deze watervoerende is gekend en bevindt zich op een diepte van ca. m-TAW.(5.d.2)
- De grondwaterstand in deze watervoerende laag is niet gekend. (5.d.3)
- De laagste vermoedelijke maaiveldhoogte in het invloedsgebied van de installatie bedraagt m-TAW.(5.d.4)
- Onderstaande ondergrondse infrastructuurwerken bevinden zich binnen de invloedszone van de installatie in de watervoerende laag waarin de installatie wordt aangebracht. Het laagste vermoedelijke niveau van deze infrastructuurwerken bedraagt m-TAW.(5.d.5)

Identificatie	Omschrijving van de ondergrondse infrastructuur

6. INVLOED VAN HET SYSTEEM OP DE OMGEVING

A. WIJZIGINGEN VAN DE STIJGHOOGTE

1. Tijdens de aanleg van het systeem

Tijdens de aanleg van het systeem worden de bronnen ontwikkeld.

- Aantal bronnenstuks (6.a.i.1)
- Maximaal brondebiet tijdens ontwikkelingm³/h (6.a.i.2)
- Maximale pompduur tijdens ontwikkelinguren per bron (6.a.i.3)
- Totaal onttrokken volume tijdens de aanlegm³ (6.a.i.4)

De grondwaterverlaging tijdens de aanleg van het systeem is begroot :

- Op analytische wijze voor systemen met een verpompt volume per seizoen < 2.000 m³/seizoen
- Met behulp van een numeriek model voor systemen met een verpompt volume > 2.000 m³/seizoen.

De uitgangspunten en de resultaten van deze berekeningen zijn te vinden in bijlage 3.

2. Tijdens de uitbating

- Aantal bronparenstuks (6.a.ii.1)
- Maximaal brondebiet per bronnenpaarm³/h (6.a.ii.2)
- Maximale pompduururen per bron (6.a.ii.3)
- Totaal verpompt volume per seizoenm³ (6.a.ii.4)

De gemiddelde (gemiddeld verpompte debiet) en de maximale grondwaterstandswijziging (piekdebiet / piekdur) tijdens uitbating zijn begroot :

- Op analytische wijze voor systemen met een verpompt volume per seizoen < 2.000 m³/seizoen
- Met behulp van een numeriek model voor systemen met een verpompt volume > 2.000 m³/seizoen.

De uitgangspunten en de resultaten van deze berekeningen zijn te vinden in bijlage 3.

B. VERPLAATSING VAN VERONTREINIGINGEN

De seizoensmatige verplaatsing tengevolge van de koude-warmteopslag van de verontreinigingen zoals opgelijst in punt 5.a zijn begroot met behulp van :

- een analytisch model voor systemen met een seizoenmatig onttrekkingsdebiet kleiner dan 2.000 m³/seizoen
- een numeriek model voor systemen met een seizoenmatig onttrekkingsdebiet kleiner dan 2.000 m³/seizoen

De berekeningen worden uitgevoerd op basis van een stroombaanberekening (MODFLOW + MODPATH, ...).

De uitgangspunten van deze berekeningen en de resultaten ervan worden weergegeven in bijlage 3.

Identificatie	Dossier IBGE/BIM	Aard van de verontreiniging	Aquifer	Maximale verplaatsing
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				

C. ZETTINGEN AAN BESTAANDE CONSTRUCTIES

De maximale grondwaterverlaging ter hoogte van de zones die in kaart zijn gebracht onder punt 5.c. bedragen m. (6.b.1)

Op basis van beschikbaar sonderingen (DOV, ...) met referentie worden de maximale zettingen ter hoogte van deze zone begroot opcm. (6.b.2)

- De berekende zettingen zijn kleiner dan 2 cm. (6.b.3)
- De berekende zettingen zijn groter dan 2 cm. De zones waarin de berekende zettingen mogelijk groter zijn dan 2 cm zijn aangegeven op de kaart in bijlage 3. (6.b.4)

D. VERNATTING VAN DE ONDERGROND

De relatieve stijghoogteverandering zoals begroot onder punt 6.a. kan gesuperponeerd worden op de hoogtekarta van het gebied. De zones waarin de resulterende grondwaterpeilen hoger liggen dan het maaiveld – 1 m zijn risicogebieden voor vernatting.

- er is geen risico op vernatting (6.c.1)
- er is een risico op vernatting, Deze zones zijn weergegeven op de kaart in bijlage 3. (6.c.2)

Analoog kan de stijghoogtekarta worden gesuperponeerd op de hoogtekarta van de bestaande bouwkundige werken.

- er is geen risico op vernatting ter hoogte van de bestaande bouwkundige werken (6.c.3)
- er is een risico op vernatting ter hoogte van de bestaande bouwkundige werken. Deze zones zijn weergegeven op de kaart in bijlage 3. (6.c.4)

E. LEKKEN VAN MILIEUVREEMDE STOFFEN NAAR DE OMGEVING

Elk open-onttrekkingssysteem bestaat uit een primair en een secundair circuit. Het medium in het primaire circuit is steeds grondwater. Het medium in het secundair circuit is technisch water, een waterige oplossing van een antivries-middel of een andere bodemvreemde vloeistof.

Onderstaande vragenlijst maakt het mogelijk om zicht te krijgen op de veiligheid m.b.t. het lekken van milieuvreemde stoffen naar de omgeving :

- Het leidingwerk van het primair circuit is tot een minimum beperkt. (6.d.1)
- De koude van het primair circuit wordt zonder tussenkomst van een aantal compacte warmtewisselaar van het primair systeem naar de eindafnemers overgedragen. (6.d.2)
- De vloeistof in het secundair circuit is van categorie 3 of lager volgens de norm NBN EN 1717. (6.d.3)
- De vloeistof in het secundair circuit is van categorie 4 volgens de norm NBN EN 1717. (6.d.4)
- Het primair circuit is van het secundair circuit gescheiden door middel van een enkelwandige warmtewisselaar.(Er is één hydraulisch scheidende laag tussen de vloeistof van het primair circuit en het secundair circuit). (6.d.5)
- Het primair circuit is van het secundair circuit gescheiden door middel van een dubbelwandige warmtewisselaar.(Er zijn twee scheidende lagen tussen de vloeistof van het secundaire circuit en de vloeistof van het primaire circuit). (6.d.6)
- Het primair circuit is door een hydraulisch geïsoleerd tussencircuit van het secundair circuit gescheiden. Dit tussencircuit heeft als enige functie het opsporen van lekken. Het volume van het tussencircuit is tot een minimum beperkt. (6.d.7)
- Het primair circuit wordt niet actief in overdruk gehouden ten opzichte van de atmosfeer en van de ontgassingsdruk van het grondwater. (6.d.8)
- Het primair circuit wordt zowel tijdens rust als tijdens bedrijf van de installatie actief in overdruk gehouden ten opzichte van de atmosfeer en van de ontgassingsdruk van het grondwater. (6.d.9)
- Het primair circuit is uitgerust met een lekdetectie systeem. Het lekdetectiesysteem is beschreven in bijlage 3. (6.d.10)
- Het primair circuit is niet uitgerust met een lekdetectie systeem. (6.d.11)
- Het secundair circuit is uitgerust met een lekdetectie systeem. Het lekdetectiesysteem is beschreven in bijlage 3. (6.d.12)
- Het secundair circuit is niet uitgerust met een lekdetectie systeem.(6.d.13)

F. THERMISCHE BEÏNVLOEDING VAN DE ONDERGROND

Elke open onttrekkingssysteem heeft een thermische beïnvloeding van de bodem tot gevolg. De onderstaande vragenlijst heeft tot doel zicht te krijgen op de wijze waarop de opslag beheerd zal worden en op de invloed die de opslag zal hebben op aangrenzende percelen.

De thermische invloed het open onttrekkingssysteem op de bodem is begroot met behulp van :

- een analytisch model voor systemen met een seizoenmatig onttrekkingsdebiet kleiner dan 2.000 m³/seizoen (6.e.1)
- een numeriek transportmodel voor systemen met een seizoenmatig onttrekkingsdebiet groter dan 2.000 m³/seizoen (MODFLOW/MT3D; HST3D; ...) (6.e.2)

De aanvrager omschrijft duidelijk de grondeigenschappen (warmtegeleiding, thermische capaciteit, porositeit, doorlatendheid, ...) en de randvoorwaarden van de modellering alsook de thermische belastingen.

Het resultaat omvat :

- de evolutie van de onttrekkingstemperaturen van het grondwater (6.e.3)
- de thermische invloed op de omgeving na een uitbatingperiode van 50 jaar (6.e.4)
- de invloed op andere geothermische systemen binnen een straal gelijk aan 2 x de thermische straal van de beïnvloede zone (temperatuurswijziging kleiner dan of gelijk aan 0,5°K) van de installatie (6.e.5)

De uitgangspunten en de resultaten van deze berekening zijn weergegeven in bijlage 3.

De volgende vragen dienen inzicht te verschaffen over de invloed van het systeem op zichzelf en op de omgeving :

- de minimale benodigde onttrekkingstemperatuur voor een correcte werking van de installatie bedraagt (6.e.6)
- de eindtemperatuur van onttrekking na een periode van 50 jaar bedraagt (6.e.7)
- de injectietemperatuur na een periode van 50 jaar bedraagt meer dan 4°C (6.e.8)
- de installatie heeft voorzieningen voor koude/warmte die onafhankelijk kunnen werken van het open onttrekkingssysteem (water/lucht chiller; water/lucht warmtepomp, verwarmingsketel (6.e.9)
- de installatie is zo geconcipieerd dat hardware en software het mogelijk maken om de naar de bodem afgevoerde energiehoeveelheid sterk te wijzigen door het aanpassen van een beperkt aantal parameters (6.e.10)
- De installatie beïnvloed bestaande geothermische systemen niet nadelig.(6.e.11)

Bij elk exemplaar van het technisch verslag worden volgende bijlagen bijgevoegd:

- Bijlage 1: een principeschema van de installatie waarin alle componenten van de installatie zijn aangeduid;
- Bijlage 2: een inplantingplan van de installatie waarop de locatie van de hoofdcomponenten is weergegeven;
- Bijlage 3: een beschrijving van de eventueel uitgevoerde studies (dimensionering, vermogens, energiehoeveelheden, ...); (enkel bij tertiaire toepassingen);
- Bijlage 4: een plan met de nummers en de grenzen van de betrokken kadastrale percelen te verkrijgen bij het Bestuur van het Kadaster, Stevensstraat 7 - 1000 BRUSSEL (tel. 02/552.54.11 of 25);
- Bijlage 5: evenals een uittreksel van de kaart van de omgeving op schaal 1/10.000; de plaats van de geothermische installatie moet op beide plannen aangeduid zijn. Ik wijs er u op, dat u desgewenst een kaart van de omgeving op 1/10.000 kan bekomen (gewone kaart in kleur) door te schrijven naar het Nationaal Geografisch Instituut, Abdij ter Kameren, 13, 1050 BRUSSEL (met opgave van : naam van de oude gemeente vóór de fusie van 1976, naam van het gehucht of veldnaam, de nabijgelegen straat of weg).

Aanvraagformulier techniek 3
Horizontale bodemwarmtewisselaars

1. IDENTIFICATIE AANVRAGER

Gegevens met betrekking tot de aanvrager van de milieuvergunning.

Naam	
Straat + nr	
Postnummer	
Gemeente	
Telefoonnr.	
Faxnr.	
Contactpersoon	
E-mail	

2. LOCATIE

Gegevens met betrekking tot de ligging van het project.

Naam van het project	
Omschrijving van het project	

Gemeente	Afdeling	Sectie	Nummer

3. TECHNISCHE KENMERKEN VAN HET PROJECT

Voor een geothermische installatie met horizontale bodemwarmtewisselaars, gelieve volgende gegevens in te vullen:

Omschrijving	Eenheid	Waarde
Benodigde grondoppervlakte	m ²	
Diepte waarop het systeem zal geïnstalleerd worden (ten opzichte van maaiveld)	m	
Gebruikte fluidum in de leidingen	-	
Gebruikte materiaal voor de leidingen	-	
Jaargemiddelde warmtevraag van de toepassing	kWh/jaar	
Jaargemiddelde warmtevraag onttrokken uit de bodem	kWh/jaar	
Vermogen van de warmtepomp (condensor)	kW	
Is er een studie uitgevoerd naar de thermische invloed van het systeem op de bodem of een andere studie? Zo ja, voeg de studie en gebruikt simulatiemodel in bijlage bij het technisch verslag.	-	Ja/Nee

Bij elk exemplaar van het technisch verslag worden volgende bijlagen bijgevoegd:

- Bijlage 1: een principeschema van de installatie waarin alle componenten van de installatie zijn aangeduid;
- Bijlage 2: een inplantingplan van de installatie waarop de locatie van de hoofdcomponenten is weergegeven;
- Bijlage 3: een beschrijving van de eventueel uitgevoerde studies (dimensionering, vermogens, energiehoeveelheden, ...); (enkel bij tertiaire toepassingen);
- Bijlage 4: een plan met de nummers en de grenzen van de betrokken kadastrale percelen te verkrijgen bij het Bestuur van het Kadaster, Stevensstraat 7 - 1000 BRUSSEL (tel. 02/552.54.11 of 25);
- Bijlage 5: evenals een uittreksel van de kaart van de omgeving op schaal 1/10.000; de plaats van de geothermische installatie moet op beide plannen aangeduid zijn. Ik wijs er u op, dat u desgewenst een kaart van de omgeving op 1/10.000 kan bekomen (gewone kaart in kleur) door te schrijven naar het Nationaal Geografisch Instituut, Abdij ter Kameren, 13, 1050 BRUSSEL (met opgave van : naam van de oude gemeente vóór de fusie van 1976, naam van het gehucht of veldnaam, de nabijgelegen straat of weg).

Aanvraagformulier techniek 4/5/6
Boorgatenergieopslag (techniek 4)
Verticale bodemwarmtewisselaars (techniek 5)
Energiepalen (techniek 6)

1. IDENTIFICATIE AANVRAGER

Gegevens met betrekking tot de aanvrager van de milieuvergunning.

Naam	
Straat + nr	
Postnummer	
Gemeente	
Telefoonnr.	
Faxnr.	
Contactpersoon	
E-mail	

2. LOCATIE

Gegevens met betrekking tot de ligging van het project.

Naam van het project	
Omschrijving van het project	

Gemeente	Afdeling	Sectie	Nummer

Lambertcoördinaten	X	Y

3. TECHNISCHE KENMERKEN VAN HET PROJECT

Omschrijving	Eenheid	Waarde
Verticale bodemwarmtewisselaars met louter warmteonttrekking (TECH-4)	-	Ja/Nee
Boorgatenergieopslag (TECH-5)	-	Ja/Nee
Energiepalen (TECH-6)	-	Ja/Nee
Warmtevraag van het gebouw	kWh/jaar	
Koudevraag van het gebouw	kWh/jaar	
Piekvermogen warmte van het gebouw	kW	
Piekvermogen koude van het gebouw	kW	
Onttrokken energie (warmte) aan de bodem	kWh/jaar	
Vrij koeling aan de bodem onttrokken	kWh/jaar	
Aantal en type bodemwarmtewisselaars	aantal	
* enkele U-lus	-	Ja/Nee
* dubbele U-lus	-	Ja/Nee
* coaxiaal	-	Ja/Nee
*andere (specificeer)	-	Ja/Nee
Diepte waarop het systeem zal geïnstalleerd worden (ten opzichte van maaiveld)	m	
Afstand tussen de bodemwarmtewisselaars	m	
Gebruikte fluïdum in de leidingen:	-	-
Gebruikte materiaal voor de leidingen	-	
Gebruikte aanvulmateriaal (grouting):	-	-
Verwarmen enkel met warmtepomp	-	Ja/Nee
Verwarmen met warmtepomp en CV-ketel	-	Ja/Nee
Enkel passief koelen	-	Ja/Nee
Passief koelen en actief koelen	-	Ja/Nee
Enkel actief koelen	-	Ja/Nee

*Passief koelen : koelen zonder tussenkomst van warmtepomp en/of koelmachine

** Actief koelen : koelen met koelmachine of warmtepomp

De geothermische installatie wordt aangebracht in de volgende formatie:

- de zanden van Brussel
- in het Landeniaan
- het Krijt

Wordt de geothermische installatie ook gebruikt voor koeltoepassingen? Zo ja beschrijf kort de toepassing.

.....
.
.....
..
.....
..
.....
..

Is een studie uitgevoerd naar de thermische invloed van het systeem op de bodem of andere studies? Zo ja, wat was de conclusie? (enkel nodig bij tertiaire toepassingen, beschrijf het gebruikte simulatiemodel in bijlage 3)

.....
.
.....
..
.....
..
.....
..

Wordt voor de bepaling van de thermische bodemkarakteristieken een thermische respons test gepland? (enkel nodig bij tertiaire toepassingen, voeg toe in bijlage 3)

.....
.
.....
..
.....
..
.....
..

Bij elk exemplaar van het technisch verslag worden volgende bijlages bijgevoegd:

- Bijlage 1: een principeschema van de installatie waarin alle componenten van de installatie zijn aangeduid;
- Bijlage 2: een inplantingplan van de installatie waarop de locatie van de hoofdcomponenten is weergegeven;
- Bijlage 3: een beschrijving van de eventueel uitgevoerde studies (dimensionering, vermogens, energiehoeveelheden, ...) (enkel bij tertiaire toepassingen);
- Bijlage 4: een plan met de nummers en de grenzen van de betrokken kadastrale percelen te verkrijgen bij het Bestuur van het Kadaster, Stevensstraat 7 - 1000 BRUSSEL (tel. 02/552.54.11 of 25);
- Bijlage 5: evenals een uittreksel van de kaart van de omgeving op schaal 1/10.000; de plaats van de geothermische installatie moet op beide plannen aangeduid zijn. Ik wijs er u op, dat u desgewenst een kaart van de omgeving op 1/10.000 kan bekomen (gewone

kaart in kleur) door te schrijven naar het Nationaal Geografisch Instituut, Abdij ter Kameren, 13, 1050 BRUSSEL (met opgave van : naam van de oude gemeente vóór de fusie van 1976, naam van het gehucht of veldnaam, de nabijgelegen straat of weg).

**Aanvraagformulier techniek 7
Grondbuizen**

1. IDENTIFICATIE AANVRAGER

Gegevens met betrekking tot de aanvrager van de milieuvergunning.

Naam	
Straat + nr	
Postnummer	
Gemeente	
Telefoonnr.	
Faxnr.	
Contactpersoon	
E-mail	

2. LOCATIE

Gegevens met betrekking tot de ligging van het project.

Naam van het project	
Omschrijving van het project	

Gemeente	Afdeling	Sectie	Nummer

3. TECHNISCHE KENMERKEN VAN HET PROJECT

Voor een geothermische installatie met grondbuizen of aarde-lucht warmtewisselaars, gelieve volgende gegevens in te vullen :

Omschrijving	Eenheid	Waarde
Warmtevraag van het gebouw	kWh/jaar	
Koudevraag van het gebouw	kWh/jaar	
Piekvermogen warmte van het gebouw	kW	
Piekvermogen koude van het gebouw	kW	
Onttrokken energie (warmte) aan de bodem	kWh/jaar	
Vrij koeling aan de bodem onttrokken	kWh/jaar	
Diepte waarop het systeem zal geïnstalleerd worden (ten opzichte van maaiveld)	m	
Gebruikte materiaal voor de leidingen	-	
Totale lengte van de ondergrondse leidingen	m	
Is er een studie uitgevoerd naar de thermische invloed van het systeem op de bodem of een andere studie? Zo ja, voeg de studie en het gebruikte simulatiemodel in bijlage bij het technisch verslag.	-	Ja/Nee

Wordt de geothermische installatie ook gebruikt voor koeltoepassingen? Zo ja beschrijf kort de toepassing.

.....
 .

 ..

 ..

Bij elk exemplaar van het technisch verslag worden volgende bijlages bijgevoegd:

- Bijlage 1: een principeschema van de installatie waarin alle componenten van de installatie zijn aangeduid;
- Bijlage 2: een inplantingplan van de installatie waarop de locatie van de hoofdcomponenten is weergegeven;
- Bijlage 3: een beschrijving van de eventueel uitgevoerde studies (dimensionering, vermogens, energiehoeveelheden, ...) (enkel bij tertiaire toepassingen);
- Bijlage 4: een plan met de nummers en de grenzen van de betrokken kadastrale percelen te verkrijgen bij het Bestuur van het Kadaster, Stevensstraat 7 - 1000 BRUSSEL (tel. 02/552.54.11 of 25);
- Bijlage 5: evenals een uittreksel van de kaart van de omgeving op schaal 1/10.000; de plaats van de geothermische installatie moet op beide plannen aangeduid zijn. Ik wijs er u op, dat u desgewenst een kaart van de omgeving op 1/10.000 kan bekomen (gewone kaart in kleur) door te schrijven naar het Nationaal Geografisch Instituut, Abdij ter

Kameren, 13, 1050 BRUSSEL (met opgave van : naam van de oude gemeente vóór de fusie van 1976, naam van het gehucht of veldnaam, de nabijgelegen straat of weg).

BIJLAGE 4: BESCHRIJVING THERMISCHE RESPONS TEST

Doel thermische respons test

De interesse naar het thermisch gebruik van de ondiepe ondergrond dateert van bij de opkomst van de eerste grondgekoppelde warmtepompen in de jaren zeventig tijdens de oliecrisis. De voornaamste thermische parameters zijn de warmtegeleidingcoëfficiënt (λ -waarde uitgedrukt in W/(mK)), de opslagcapaciteit (uitgedrukt in MJ/(m³K)) en de boorgatweerstand (uitgedrukt in K/(W/m)). Bij installatieontwerpen werden en worden nog steeds deze parameters ingeschat op basis van enkele eerder vage richtwaardes die afhankelijk van de bron zeer uiteenlopend kunnen zijn. Zo schommelt de warmtegeleidingcoëfficiënt λ van zandgrond tussen 0,4 en 5 W/(mK). Een verdere detaillering bestond erin om het watergehalte van de bodem in rekening te brengen. Zo zal een waterverzadigde zandbodem een λ -waarde geven tussen 1,7 en 5 W/(mK) met als richtwaarde 2,4 W/(mK). Plaatselijke afwijkingen op deze richtwaarden worden gerechtvaardigd door vb. grote grondwaterstromingen of granulometrische en lithologische verschillen, zodat de richtwaarde zeker niet als algemeen toepasbaar kan aanzien worden. De invloed van de λ -waarde op het installatieontwerp is zeker niet te verwaarlozen. Zo zal het aantal en de diepte van de boorgaten belangrijk verschillen bij een kleibodem vergeleken met een zandbodem. Een optimalisatie van het ontwerp (met belangrijke invloed op de prijs en de kwaliteit van de installatie) is dan ook onmogelijk zonder detailgegevens aangaande de thermische eigenschappen van de bodem.

De wijze waarop de λ -waarde in het verleden bepaald werd kan mede de oorzaak zijn van de grote verschillen in de literatuur. Dikwijls werden deze immers bekomen door middel van laboratoriumtesten. Hierbij werd de warmtedoorgang gemeten doorheen een specifiek grondstaal wat natuurlijk zijn beperkingen heeft. In laboratoriumomstandigheden is het niet altijd mogelijk om de werkelijke toestand na te bootsen. Er dient namelijk rekening gehouden te worden met een veelheid aan invloedsfactoren zoals grondwaterstand, grondwaterstroming, omgevingstemperatuur, convectiestromen, ...

De geothermische respons test maakt het mogelijk om deze parameters op een nauwkeurige manier en op de exacte locatie van de toepassing te bepalen. Als resultaat wordt de warmtegeleidingcoëfficiënt van de ondergrond als een effectieve waarde bekomen over de totale sondelengte rekening houdend met de effectieve grondwaterstroming. Als tweede meetresultaat wordt de warmte-overdrachtsweerstand bekomen van de vloeistof in de U-lus en van de boorgatvulling naar de ongestoorde sedimenten toe. In deze waarde zijn de reële inbouwcondities van de aardsonde in ingebouwde toestand en in definitieve positie in rekening gebracht. Deze beide gegevens zijn in de meeste softwarepakketten voor het ontwerp van ondergrondse wisselaarsystemen als ingaveparameters vereist. Een correcte inschatting van deze parameters laat dan ook toe om een optimale, betrouwbare installatie te bekomen.

Meetwagen

Om dergelijke thermische responstest uit te voeren, wordt een aanhangwagen (2 x 4 m) ter plekke gebracht. Hierin is alle apparatuur ondergebracht, bestaande uit een warmte-

injectievoorziening (elektrische weerstand) en een hydraulisch circuit met volledige regelkring en data-logging.

Het hydraulische circuit bestaat uit een pomp, een debietregelaar en –meter, enkele elektrische verwarmingselementen en randapparatuur. De vertrek- en retourleiding van het circuit worden naar buiten gebracht ter aansluiting van de verticale warmtewisselaar. De verschillende meetsignalen (temperaturen en debieten) worden verwerkt door de datalogger. De elektrische voeding kan van buitenaf aangekoppeld worden, de aansluiting werd aangepast zodat deze zowel één- als driefasig verwezenlijkt kan worden. In de trailer is een elektriciteitskast aangebracht voorzien van beveiligingsapparatuur (automaten en verliesstroomschakelaar).

Meetmethode

Voor de uitvoering van thermische response test werd een werkwijze opgesteld om een uniforme en betrouwbare uitvoering te garanderen. Hierbij wordt een continue warmtestroom aan de verticale warmtewisselaar aangelegd. Hiertoe wordt het debiet op een constante waarde ingesteld, in het hydraulisch circuit gerealiseerd door een zeer nauwkeurige elektromagnetische debietsmeting (0,2% nauwkeurig) en een equiprocentuele regelklep. De verwarmingselementen zijn continu regelbaar om te komen tot een constant temperatuursverschil over het in- en uitgaande water van de verticale warmtewisselaar. Dit is nodig om de gegevens via de verschillende analysemodellen nauwkeurig te verwerken tot betrouwbare resultaten.

De uitvoering van de test dient continu en minimaal 40 uur te verlopen. Tijdens deze periode blijft de pomp aan een constant debiet water circuleren en ook het verwarmingsvermogen blijft ingeschakeld. Door het toevoeren van een constant vermogen aan een vast debiet zal ook het temperatuursverschil tussen de vertrek- en retourleiding constant zijn. In de onmiddellijke omgeving van de warmtewisselaar zal de temperatuur echter stijgen, zodat de globale temperatuur van het water wel zal stijgen (vb. in begin temperaturen vertrek/retour = 16/12 ; na 93 uur vertrek/retour = 26/21). Het is de curve van deze temperatuurstijging die belangrijk is voor de bepaling van de λ -waarde. Deze warmtegeleidingcoëfficiënt of λ -waarde (uitgedrukt in W/(mK)) is niet de enige thermische karakteristiek die van belang is voor het ontwerp van een ondergronds opslagsysteem met verticale warmtewisselaars. Tevens van belang is de volumetrische warmtecapaciteit of C-waarde (uitgedrukt in MJ/(m³K)) die een indicatie geeft van de hoeveelheid warmte die kan opgenomen worden per volume- en temperatuureenheid. Deze waarde is vooral functie van de waterinhoud en minder van het ondergrondtype en is voor waterverzadigde zand-, klei- en siltgronden gelegen tussen 2,2 en 2,5 MJ/(m³K). Vergeleken met water als opslagmedium voor warmte betekent dit dat 1 m³ waterverzadigd zand, silt of klei evenveel warmte kan opslaan als 0,55...0,6 m³ water. Verder is ook de boorgatweerstand R_b (uitgedrukt in K/(W/m)) van invloed op het ontwerp van een ondergronds opslagsysteem. Terwijl de C-waarde een indicatie geeft van het buffervermogen van de bodem, zal de R_b -waarde vooral een invloed hebben op het ogenblikkelijk haalbare vermogen aangaande warmte-onttrekking of –injectie. Deze factor geeft aan hoe vlot de warmte-overdracht tussen het fluidum in de verticale warmtewisselaar en de boorgatwand verloopt. Er wordt steeds gestreefd naar een zo laag mogelijke R_b -waarde.

Door toepassing van de gepaste verwerkingsmethode, met name de ‘Lijnbrontheorie’ [4, 5, 6], kan uit het temperatuurantwoord van de vloeistof op de aangelegde warmte-input de effectieve warmtegeleidbaarheid van de bodem en de warmte-overgangswaarde van de vloeistof naar de sedimenten (de zogenaamde boorgatweerstand) berekend worden. De warmtegeleidingscoëfficiënt van de boorgatvulling zelf kan hieruit niet rechtstreeks afgeleid worden. Deze heeft uiteraard wel een zeer belangrijke invloed op de boorgatweerstand.

Het verloop van de gemiddelde vloeistoftemperatuur kan volgens de lijnbrontheorie als volgt beschreven worden :

$$T_{\text{vl-gemid}}(t) = \frac{q}{4\pi\lambda} \ln(t) + \frac{q}{4\pi\lambda} \left[\ln\left(\frac{4a}{r^2}\right) - \gamma \right] + q.R_b + T_0$$

met

$T_{\text{vl-gemid}}$	: Gemiddelde vloeistoftemperatuur	[K]
λ	: Warmtegeleidingscoëfficiënt van de bodem	[W/(mK)]
q	: Specifieke thermische belasting (vermogen)	[W/m]
a	: Temperatuurvereffeningscoëfficiënt van de bodem	[m ² /s]
r	: Boorgatradius	[m]
R_b	: Boorgatweerstand	[K/(W/m)]
γ	: Euler-constante	[-]
T_0	: Ongestoorde bodemtemperatuur	[K]
t	: Tijd	[s]

Uit bovenstaande vergelijking kan afgeleid worden dat er een eenvoudige lineaire samenhang bestaat tussen de vloeistoftemperatuur en de logaritmische tijd, met name :

$$T_{\text{vl-gemid}}(t) = k \cdot \ln(t) + m$$

Hierbij zijn k en m constanten. Indien de gemiddelde vloeistoftemperatuur in de sonde over de logaritmische tijd wordt uitgezet, dan kan de warmtegeleidingcoëfficiënt van de bodem uit de stijging (k) van de rechte afgeleid worden :

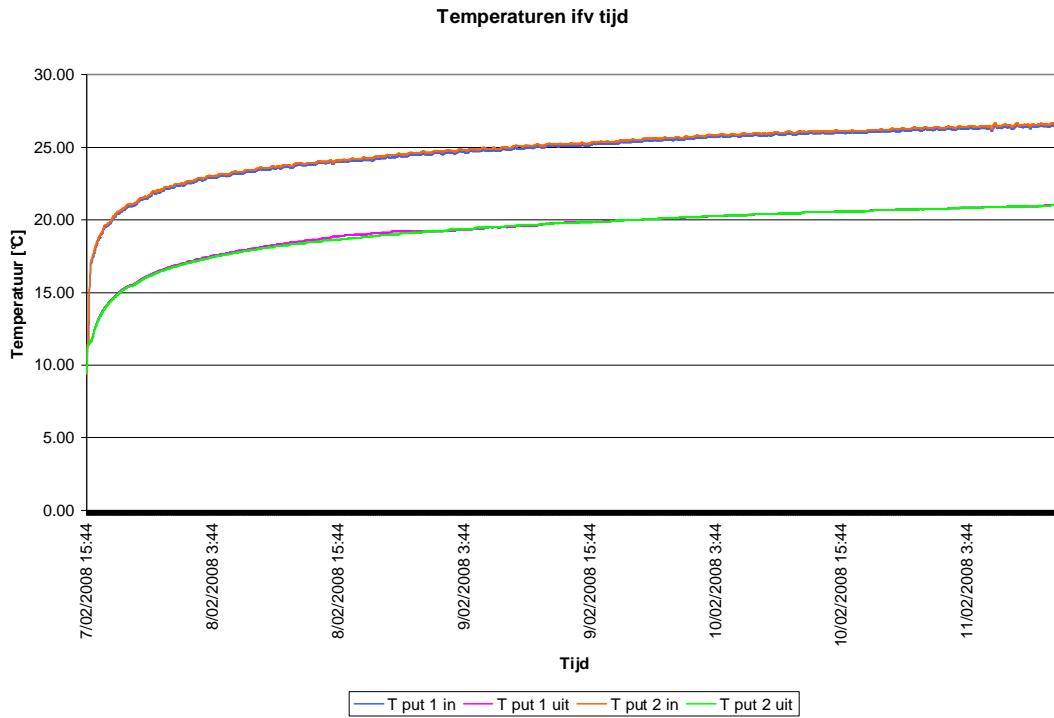
$$\lambda = \frac{q}{4 \cdot \pi \cdot k}$$

Na afleiding van de warmtegeleidingcoëfficiënt λ van de bodem, kan de thermische weerstand R_b tussen de vloeistof in de sonde en de boorgatwand afgeleid worden :

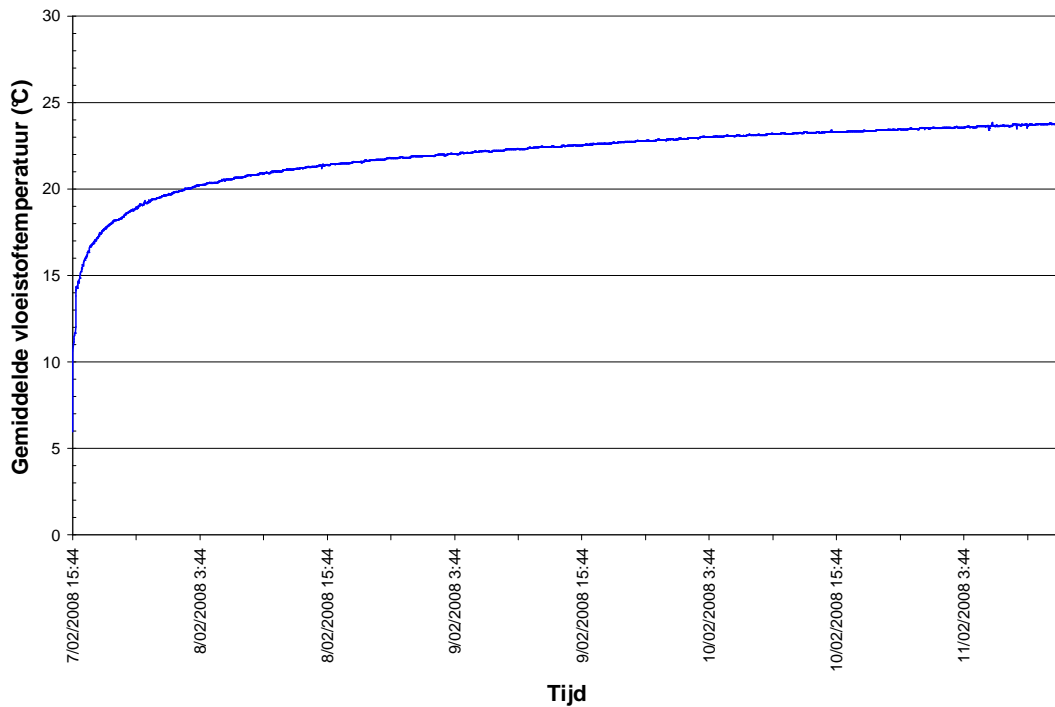
$$R_b = \frac{1}{q} \left[T_{\text{vl-gemid}}(t) - T_0 \right] - \frac{1}{4\pi\lambda} \left[\ln\left(\frac{4at}{r^2}\right) - \gamma \right]$$

Voorbeeld van een TRT

Figuur 15 geeft een overzicht van het temperatuursverloop in het gevulde boorgat. Figuur 16 toont het verloop van de gemiddelde vloeistoftemperatuur.

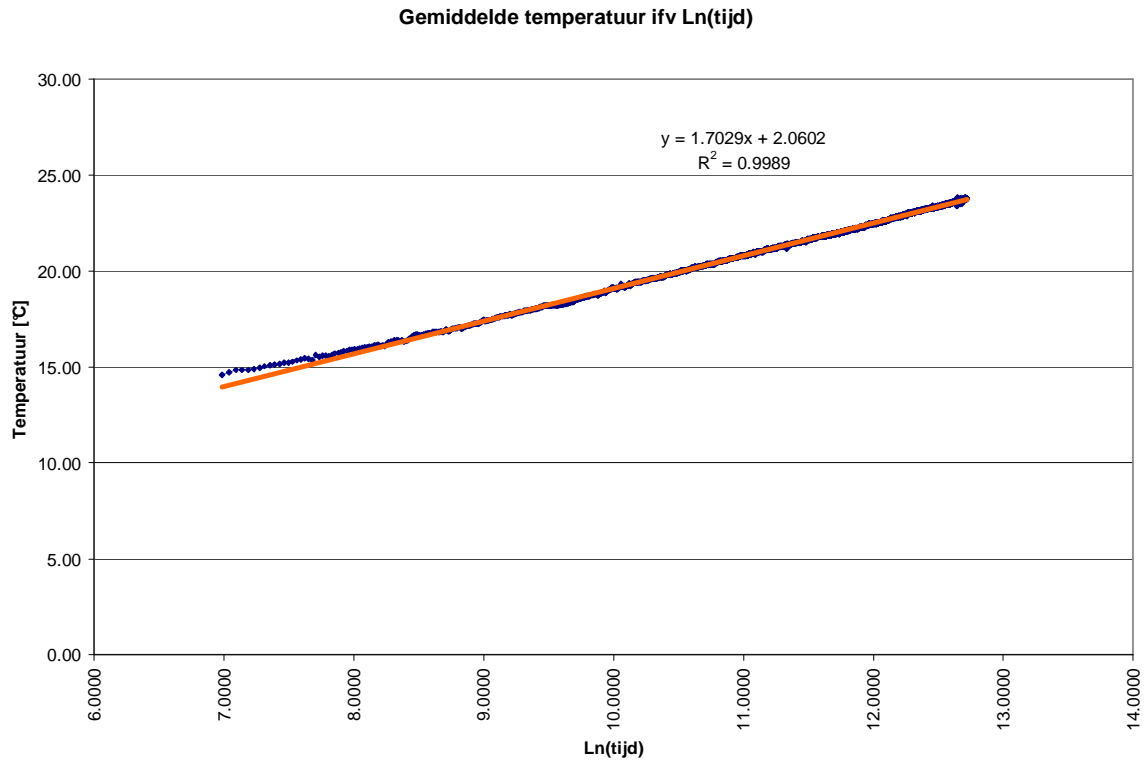


Figuur 15: In- en uitgaande vloeistoftemperaturen



Figuur 16: Gemiddelde vloeistoftemperatuur in gevuld boorgat

Indien we nu de gemiddelde vloeistoftemperatuur uitzetten op een logaritmische schaal bekomen we een grafiek waaruit de warmtegeleidingcoëfficiënt (of λ -waarde) afgeleid wordt. De richtingscoëfficiënt is een maat voor de warmtegeleidingscoëfficiënt. Figuur 17 toont dit verband aan.



Figuur 17: Gemiddelde vloeistoftemperatuur op logaritmische schaal met lineaire regressie

Voor deze analyse werden de eerste uren gegevens niet in rekening genomen. Deze hebben echter een grote invloed op het resultaat door een belangrijke invloed van de warmtecapaciteit van het medium en van het boorgat tijdens deze eerste uren. Tijdens deze periode is de respons van het boorgat echter niet stabiel (en nog veranderlijk) waardoor aan de voorwaarden voor het toepassen van de bewuste analysetechniek (lijnbronmethode) niet voldaan is. Vandaar dat TRT metingen best over verschillende uren worden opgemeten (een minimum is 50 uur maar meerdere uren bijv. 80 uren zijn beter).

Door toepassing van de lijnbrontheorie kan de effectieve warmtegeleiding van de bodem en de warmte-overgangswaarde van de vloeistof naar de sedimenten (de zogenaamde boorgatweerstand) berekend worden. De warmtegeleidingscoëfficiënt van de boorgatvulling zelf kan hieruit niet rechtstreeks afgeleid worden. Deze heeft uiteraard wel een zeer belangrijke invloed op de boorgatweerstand. Na berekening van de warmtegeleidingcoëfficiënt λ van de bodem, kan de thermische weerstand R_b tussen de vloeistof in de sonde en de boorgatwand afgeleid worden.

De R_b -waarde wordt gedefinieerd als de thermische weerstand tussen het warmteoverdragend fluïdum in de warmtewisselaar en de boorgatwand. Hoewel meerdere factoren deze boorgatweerstand kunnen beïnvloeden is het in dit geval het vulmateriaal dat de grootste impact heeft op die boorgatweerstand. Bij een beperkte R_b -waarde zal het temperatuurverschil tussen de bodem en het warmtedragend fluïdum minimaal blijven, wat de prestaties van het systeem ten goede komt. Daarom dient de afvulling met de grootste zorg te gebeuren. Het is duidelijk dat de prestaties van de boorgaten met zandvulling beduidend beter zijn dan deze met kleivulling. In het voorontwerp wordt op basis van deze metingen een optimale boorgatvulling voorgeschreven.

Een aandachtspunt betreft de impact van de grondwaterstroming op de boorgatweerstand. De totale effectieve gemeten boorgatweerstand bestaat uit een combinatie van weerstanden die niet afzonderlijk bemeten kunnen worden en waarop ook de grondwaterstroming een belangrijke impact heeft. Deze invloed kan uitgesloten worden bij de uitvoering van de test op een locatie waarbij de grondwaterstroming onbestaande is, hetgeen een beter beeld geeft aangaande de impact op de totale boorgatweerstand.

Tabel 45 toont de resultaten van de TRT-meting zijnde de warmtegeleidingscoëfficiënt en de boorgatweerstand tijdens de meetperiode.

Tabel 45: Resultaten TRT-meting tijdens de meetperiode

	Warmtegeleidingscoëfficiënt (Lambda) [W/(mK)]	Boorgatweerstand (R_b) [K/(W/m)]
Proefboring	1,782	0,171

Uit de meetresultaten blijkt dat de warmtegeleidingscoëfficiënt voor het diepe boorgat 1,782 W/(mK) bedraagt. De bijbehorende boorgatweerstand (R_b) bedraagt 0,171 K/(W/m). Deze λ -waarde geeft een goed uitgangspunt voor de toepassing van een BEO-veld. Hoe hoger deze waarde hoe minder meters bodemwarmtewisselaars er nodig zijn en hoe beter de warmtegeleiding geschiedt. Deze gegevens gaan verder gebruikt worden in het voorontwerp voor de dimensionering en de optimalisatie van het bodemwarmtewisselaarsveld en de bijbehorende warmtepomp.

**BIJLAGE 5: LEIDRAAD BENODIGDE DOCUMENTEN EN
MILIEUEXPLOITATIEVOORWAARDEN**

Tabel 46: Benodigde documenten en milieuexploitatievoorwaarden TECH-1

TECH-1 (KWO)				
	Benodigde documenten	Wat is noodzakelijk bij indiening milieuvergunning?	Wat mag later ingediend worden?	Milieuexploitatievoorwaarden
Tertiair	<input type="checkbox"/> Technisch verslag TECH-1	✓	-	Zie paragraaf 7.2
	<input type="checkbox"/> Bijlage 1: Principeschema	✓	✓	
	<input type="checkbox"/> Bijlage 2: Inplantingsplan	✓	-	
	<input type="checkbox"/> Bijlage 3: Uitgevoerde studies	✓	-	
	* Resultaten pompproef (enkel vanaf 10.000 m ³ /seizoen)	✓	-	Zie paragraaf 4 in TV1
	* Beschrijvend bodemonderzoek en boorverslag	✓	-	Zie paragraaf 5A in TV1
	* Bepaling invloedzone grondwaterverlaging	✓	-	Zie paragraaf 5A/5B in TV1
	* Bepaling zones met zettinggevoelige gronden	✓	-	Zie paragraaf 5C in TV1
	* Bepaling grondwaterverlaging tijdens aanleg en uitbating	✓	-	Zie paragraaf 6A in TV1
	* Gebruikt analytisch simulatiemodel	✓	-	Zie paragraaf 6B in TV1
	* Bepaling zettingen	✓	-	Zie paragraaf 6C in TV1
	* Bepaling vernatting	✓	-	Zie paragraaf 6D in TV1
	* Beschrijving lekdetectie	✓	-	Zie paragraaf 6E in TV1
	* Bepaling thermische beïnvloeding ondergrond	✓	-	Zie paragraaf 6F in TV1
	<input type="checkbox"/> Bijlage 4: Kadastrale plannen	✓	-	
<input type="checkbox"/> Bijlage 5: Omgevingsplan	✓	-		

NVT: niet van toepassing of niet nodig voor de aanvraag; TV: technisch verslag TECH-1

✓ : is noodzakelijk voor het verlenen van een milieuvergunning

Tabel 47: Benodigde documenten en milieuexploitatievoorwaarden TECH-2

TECH-2 (Grondwateronttrekking)				
	Benodigde documenten	Wat is noodzakelijk bij indiening milieuvergunning?	Wat mag later ingediend worden?	Milieuexploitatievoorwaarden
Residentieel /Tertiair	<input type="checkbox"/> Technisch verslag TECH-1	✓	-	Zie paragraaf 7.2
	<input type="checkbox"/> Bijlage 1: Principeschema	✓	✓	
	<input type="checkbox"/> Bijlage 2: Inplantingplan	✓	-	
	<input type="checkbox"/> Bijlage 3: Uitgevoerde studies	✓ (*)	-	
	* Resultaten pompproef (enkel vanaf 10.000 m ³ /seizoen)	✓ (*)	-	Zie paragraaf 4 in TV2
	* Beschrijvend bodemonderzoek en boorverslag	✓ (*)	-	Zie paragraaf 5A in TV2
	* Bepaling invloedzone grondwaterverlaging	✓ (*)	-	Zie paragraaf 5A/5B in TV2
	* Bepaling zones met zettinggevoelige gronden	✓ (*)	-	Zie paragraaf 5C in TV2
	* Bepaling grondwaterverlaging tijdens aanleg en uitbating	✓ (*)	-	Zie paragraaf 6A in TV2
	* Gebruikt analytisch simulatiemodel	✓ (*)	-	Zie paragraaf 6B in TV2
	* Bepaling zettingen	✓ (*)	-	Zie paragraaf 6C in TV2
	* Bepaling vernatting	✓ (*)	-	Zie paragraaf 6D in TV2
	* Beschrijving lekdetectie	✓ (*)	-	Zie paragraaf 6E in TV2
	* Bepaling thermische beïnvloeding ondergrond	✓ (*)	-	Zie paragraaf 6F in TV2
	<input type="checkbox"/> Bijlage 4: Kadastrale plannen	✓	-	
<input type="checkbox"/> Bijlage 5: Omgevingsplan	✓	-		

NVT: niet van toepassing of niet nodig voor de aanvraag; TV: technisch verslag TECH-2; (*): enkel bij tertiaire toepassingen en niet bij residentieel

✓ : is noodzakelijk voor het verlenen van een milieuvergunning

Tabel 48: Benodigde documenten en milieuexploitatievoorwaarden TECH-3

TECH-3 (Horizontale warmtewisselaars)				
	Benodigde documenten	Wat is noodzakelijk bij indiening milieuvergunning?	Wat mag later ingediend worden?	Milieuexploitatievoorwaarden
Residentieel	<input type="checkbox"/> Technisch verslag TECH-3	✓	-	Zie Tabel 40
	<input type="checkbox"/> Bijlage 1: Principeschema	✓	✓	
	<input type="checkbox"/> Bijlage 2: Inplantingplan	✓	-	
	<input type="checkbox"/> Bijlage 3: Uitgevoerde studies	Niet nodig	Niet nodig	
	<input type="checkbox"/> Bijlage 4: Kadastrale plannen	✓	-	
	<input type="checkbox"/> Bijlage 5: Omgevingsplan	✓	-	
Tertiair	<input type="checkbox"/> Technisch verslag TECH-3	✓	-	Zie Tabel 40
	<input type="checkbox"/> Bijlage 1: Principeschema	✓	✓	
	<input type="checkbox"/> Bijlage 2: Inplantingplan	✓	-	
	<input type="checkbox"/> Bijlage 3: Uitgevoerde studies + gebruikt simulatiemodel	✓	-	
	<input type="checkbox"/> Bijlage 4: Kadastrale plannen	✓	-	
	<input type="checkbox"/> Bijlage 5: Omgevingsplan	✓	-	

NVT: niet van toepassing of niet nodig voor de aanvraag

✓ : is noodzakelijk voor het verlenen van een milieuvergunning

Tabel 49: Benodigde documenten en milieuexploitatievoorwaarden TECH-4

TECH-4 (Boorgatenergieopslag)				
	Benodigde documenten	Wat is noodzakelijk bij indiening milieuvergunning?	Wat mag later ingediend worden?	Milieuexploitatievoorwaarden
Tertiair	<input type="checkbox"/> Technisch verslag TECH-4	✓	-	Zie Tabel 41
	<input type="checkbox"/> Bijlage 1: Principeschema	✓	✓	
	<input type="checkbox"/> Bijlage 2: Inplantingplan	✓	-	
	<input type="checkbox"/> Bijlage 3: Uitgevoerde studies	✓	-	
	* Gebruikt simulatiemodel	✓	-	
	* Bewijs thermisch evenwicht	✓	-	
	* Boorverslag	✓ door boorder	✓ door boorder	
	* Resultaten Thermische response test	✓	✓	
	<input type="checkbox"/> Bijlage 4: Kadastrale plannen	✓	-	
	<input type="checkbox"/> Bijlage 5: Omgevingsplan	✓	-	

NVT: niet van toepassing of niet nodig voor de aanvraag

✓ : is noodzakelijk voor het verlenen van een milieuvergunning

Tabel 50: Benodigde documenten en milieuexploitatievoorwaarden TECH-5

TECH-5 (Verticale bodemwarmtewisselaars)				
	Benodigde documenten	Wat is noodzakelijk bij indiening milieuvergunning?	Wat mag later ingediend worden?	Milieuexploitatievoorwaarden
Residentieel	<input type="checkbox"/> Technisch verslag TECH-5	✓	-	Zie Tabel 42
	<input type="checkbox"/> Bijlage 1: Principeschema	✓	✓	
	<input type="checkbox"/> Bijlage 2: Inplantingplan	✓	-	
	<input type="checkbox"/> Bijlage 3: Uitgevoerde studies	Niet nodig	Niet nodig	
	* Gebruikt simulatiemodel	Niet nodig	Niet nodig	
	* Bewijs thermisch evenwicht	Niet nodig	Niet nodig	
	* Boorverslag	Niet nodig	Niet nodig	
	* Resultaten Thermische response test	Niet nodig	Niet nodig	
	<input type="checkbox"/> Bijlage 4: Kadastrale plannen	✓	-	
	<input type="checkbox"/> Bijlage 5: Omgevingsplan	✓	-	
Tertiair	<input type="checkbox"/> Technisch verslag TECH-5	✓	-	Zie Tabel 42
	<input type="checkbox"/> Bijlage 1: Principeschema	✓	✓	
	<input type="checkbox"/> Bijlage 2: Inplantingplan	✓	-	
	<input type="checkbox"/> Bijlage 3: Uitgevoerde studies	✓	-	
	* Gebruikt simulatiemodel	✓	-	
	* Bewijs thermisch evenwicht	✓	-	
	* Boorverslag	✓ door boorder	✓ door boorder	
	* Resultaten Thermische response test	✓	✓	
	<input type="checkbox"/> Bijlage 4: Kadastrale plannen	✓	-	
	<input type="checkbox"/> Bijlage 5: Omgevingsplan	✓	-	

NVT: niet van toepassing of niet nodig voor de aanvraag

✓ : is noodzakelijk voor het verlenen van een milieuvergunning

Tabel 51: Benodigde documenten en milieuexploitatievoorwaarden TECH-6

TECH-6 (Energiepalen)				
	Benodigde documenten	Wat is noodzakelijk bij indiening milieuvergunning?	Wat mag later ingediend worden?	Milieuexploitatievoorwaarden
Tertiair	<input type="checkbox"/> Technisch verslag TECH-4	✓	-	Zie Tabel 43
	<input type="checkbox"/> Bijlage 1: Principeschema	✓	✓	
	<input type="checkbox"/> Bijlage 2: Inplantingplan	✓	-	
	<input type="checkbox"/> Bijlage 3: Uitgevoerde studies	✓	-	
	* Gebruikt simulatiemodel	✓	-	
	* Bewijs thermisch evenwicht	✓	-	
	* Boorverslag	✓ door boorder	✓ door boorder	
	* Resultaten Thermische response test	✓	✓	
	<input type="checkbox"/> Bijlage 4: Kadastrale plannen	✓	-	
	<input type="checkbox"/> Bijlage 5: Omgevingsplan	✓	-	

NVT: niet van toepassing of niet nodig voor de aanvraag

✓ : is noodzakelijk voor het verlenen van een milieuvergunning

Tabel 52: Benodigde documenten en milieuexploitatievoorwaarden TECH-7

TECH-7 (Grondbuizen)				
	Benodigde documenten	Wat is noodzakelijk bij indiening milieuvergunning?	Wat mag later ingediend worden?	Milieuexploitatievoorwaarden
Residentieel	<input type="checkbox"/> Technisch verslag TECH-7	✓	-	geen
	<input type="checkbox"/> Bijlage 1: Principeschema	✓	✓	
	<input type="checkbox"/> Bijlage 2: Inplantingplan	✓	-	
	<input type="checkbox"/> Bijlage 3: Uitgevoerde studies	Niet nodig	Niet nodig	
	<input type="checkbox"/> Bijlage 4: Kadastrale plannen	✓	-	
	<input type="checkbox"/> Bijlage 5: Omgevingsplan	✓	-	
Tertiair	<input type="checkbox"/> Technisch verslag TECH-7	✓	-	geen
	<input type="checkbox"/> Bijlage 1: Principeschema	✓	✓	
	<input type="checkbox"/> Bijlage 2: Inplantingplan	✓	-	
	<input type="checkbox"/> Bijlage 3: Uitgevoerde studies	✓	✓	
	<input type="checkbox"/> Bijlage 4: Kadastrale plannen	✓	-	
	<input type="checkbox"/> Bijlage 5: Omgevingsplan	✓	-	

NVT: niet van toepassing of niet nodig voor de aanvraag

✓ : is noodzakelijk voor het verlenen van een milieuvergunning

BIJLAGE 6: NOTE TECHNIQUE CONCERNANT LA SIMPLIFICATION DU CONTROLE DE L'EFFICACITE DES SYSTEMES GEOTHERMIQUES

A. Introduction

L'impact environnemental des systèmes géothermiques sur l'environnement a deux aspects :

- Une réduction des émissions de CO₂
- Un risque plus élevé de pollution et une perturbation possiblement importante du sous sol (une perturbation physique de la température et en cas de systèmes géothermiques à boucle fermées une perturbation matériel du sous sol)

Il est donc évident qu'une administration peut permettre ce type d'installations seulement dans le cas où ces installations mènent à une réduction des émissions de CO₂.

En plus il nous paraît souhaitable que l'administration possède de moyens d'évaluation et de contrôle simples et efficace qui ne compromettent pas la rentabilité de ce type de techniques et qui fait abstraction des détails de l'installation secondaire.

Dans cette note nous présentons une approche simple et efficace pour l'évaluation des installations géothermiques lors de la demande de permis et pour le contrôle des prestations énergétiques lors de l'exploitation.

B. Définitions

Dans ce qui suit les symboles suivants seront utilisés :

E_c la demande annuelle de chaleur de l'application

E_f la demande annuelle de froid de l'application

E_e la demande annuelle d'énergie électrique

E_g la demande annuelle d'énergie sous forme de carburant (gaz, gazole, ...)
pour les besoins de chauffage

E_p la demande annuelle d'énergie primaire

$COP_{PaC\ chaud}$ le coefficient de performance de la pompe à chaleur côté chaud (= 4.0)

$COP_{PaC\ froid}$ le coefficient de performance de la pompe à chaleur côté froid (= 3.0)

$COP_{stockage}$ le coefficient de performance du stockage (= 12.0)

$COP_{primaire}$ le coefficient de performance de l'énergie primaire (=1/2.5)

C. Demande d'énergie primaire des installations conventionnelles

Pour chaque type d'installations de climatisation (chauffage, refroidissement, ...) la demande en énergie primaire peut être écrite en fonction de la demande chaleur et la demande de froid.

En cas d'une installation conventionnelle on trouve de manière approximatif (rendement de la chaudière = 100%)

$$E_p = E_c + (E_f / \text{COP}_{\text{PàC froid}}) / \text{COP}_{\text{primaire}}$$

$$E_p = E_c + 2.5/3 \times E_f$$

$$E_p = E_c + 5/6 \times E_f$$

D. Demande d'énergie primaire d'une installation géothermique

De manière analogue on peut établir une relation analogue pour des installations géothermiques.

Pour des grands systèmes géothermiques l'établissement d'un équilibre thermique est essentiel pour le fonctionnement de l'installation. Cela implique que pour toute installation géothermique il y a ou bien une partie de la demande de chaleur qui doit être livrée par une chaudière ou bien une partie de la demande de froid qui doit être délivrée par une machine frigorifique classique.

Dans chacun des cas précédent on trouvera une différente formule.

Cas 1/2 présente le cas où la demande de chaleur est plus grande que la production de chaleur par la pompe à chaleur pour un système en équilibre.

Cas 2/2 présente le cas où la demande de froid est plus grande que la production de froid par la pompe à chaleur pour un système en équilibre.

$$\text{Cas 1/2 : } E_c > (\text{COP}_{\text{PàC chaud}} / \text{COP}_{\text{PàC froid}}) \times E_f$$

$$E_p = (E_c - (\text{COP}_{\text{PàC chaud}} / \text{COP}_{\text{PàC froid}}) \times E_f) + ((E_f / \text{COP}_{\text{PàC froid}} + E_f / \text{COP}_{\text{stockage}}) / \text{COP}_{\text{primaire}})$$

$$E_p = (E_c - (4/3) \times E_f) + ((E_f/3 + E_f/12) \times 2.5)$$

$$E_p = (E_c) + (-4/3 + 5/6 + 5/24) \times E_f$$

$$E_p = (E_c) + (-32/24 + 20/24 + 5/24) \times E_f$$

$$E_p = E_c / \text{COP}_{\text{primaire}} + E_g = 2.5 \times E_c + E_g = E_c - 7/24 \times E_f$$

$$\text{Cas 2/2 : } E_c < (\text{COP}_{\text{PàC chaud}} / \text{COP}_{\text{PàC froid}}) \times E_f$$

$$E_p = ((E_f - E_c \times \text{COP}_{\text{PàC froid}} / \text{COP}_{\text{PàC chaud}}) / \text{COP}_{\text{PàC froid}} + (E_c / \text{COP}_{\text{PàC chaud}}) + ((E_c \times \text{COP}_{\text{PàC froid}} / \text{COP}_{\text{PàC chaud}}) / \text{COP}_{\text{stockage}}) / \text{COP}_{\text{primaire}})$$

$$E_p = ((E_f - E_c \times 3/4)/3 + (E_c/4) + (E_c \times 3/4)/12) \times 2.5$$

$$E_p = (E_f/3 - E_c/4 + E_c/4 + E_c/16) \times 2.5$$

$$E_p = (E_f/3 + E_c/16) \times 2.5$$

$$E_p = E_c / \text{COP}_{\text{primaire}} + E_g = 2.5 \times E_e + E_g = (5/6 \times E_f + 5/32 \times E_c)$$

30-07-2008

IF Flanders n.v.

BIJLAGE 7: VRAGEN BIM

VRAGEN op de studie 'best beschikbare boortechnieken en evaluatie van de meest geschikte hydrothermische technieken in Brussel: aanvraag, kritische analyse en exploitatievoorwaarden'.

Op basis van de vergadering met Stephan Plettinck, Roland Desgain en Johan Leon werden volgende vragen geformuleerd:

- 1) In het technisch verslag worden een hele reeks technische gegevens opgevraagd. Graag een gedetailleerde lijst hoe deze parameters berekend moeten worden (methode, model,...)

Bijvoorbeeld: het jaarlijks opgevraagde warmtehoeveelheid: MWh

De bepaling van deze parameter kan gaan van uiterst eenvoudig (kengetal voor kantoor van x m² oppervlakte) tot uitgebreide berekeningen met via dynamische simulaties → welke nauwkeurigheid van de parameterwaarde hebben wij nodig ? Het antwoord op deze vraag laat ons toe de wijze van bepaling van de parameter vast te leggen.

Is opgenomen in de tekst voor gesloten systemen (zie paragraaf 4.6.4).

- 2) Wat is het exacte prijsverschil tussen spoelboren (geniet de voorkeur voor verticale bodemwisselaars) en zuigboren (geniet de voorkeur voor open systemen)? Beide staan als goedkoop gecatalogeerd onder §2.12 (alhoewel er wel een prijsverschil is). Zuigboren heeft als grote voordeel: hoge kwaliteit van staalname (p18). Spoelboren heeft als groot nadeel dat men niet voldoende afdichten (p 71 bij § 3.4.7). Dit is een niet te verwaarlozen milieueffect. Waarom dan toch kiezen voor spoelboren bij verticale wisselaars? Zou zuigboren dan niet beter zijn ondanks de meerprijs?

Het prijsverschil is afhankelijk van de boordiameter en is voor een goed uitgerust boorbedrijf minimaal. Voor kleine diameters 120 à 150 mm gaat de voorkeur uit naar spoelboren omdat deze techniek minder gevoelig is voor de weerstand die ontstaat in boorbuizen en langs de boorgatwand. Voor middelmatige diameters komen beide technieken in aanmerking alhoewel er duidelijk een voorkeur is voor zuigboren aangezien dit een betere boorbeschrijving oplevert. In grove sedimenten is zuigboren aangeraden.

Grote diameters (600 mm en meer) kunnen met als spoelmiddel zuiver water enkel geboord worden met de zuigboortechniek.

Is bij spoelboren (kleinere diameters) geen 'groot' risico op 'niet goed afdichten van het boorgaat? Wij vrezen dat dit milieueffect te groot is om nog voor spoelboren te kiezen.

Men kan dit inderdaad overwegen maar veel hangt af van de booruitvoering en de mate van afvulling van het boorgat. Zowel voor kleine als voor grote systemen dient het boorgat adequaat afgevuld te worden.

- 3) Moet er sowieso bij elke geothermische techniek een voorafgaandelijk bodemonderzoek plaatsvinden? Of enkel bij gekende verontreiniging?

We lezen verder in de studie:

Open systemen → saneren (§2.2 Tabel 2);

En wat met gronden die zich bevinden in het register van verontreinigde gronden?

Ook onderscheid maken tussen verschillende verontreinigingen (mobiel →minerale olie vs niet mobiele verontreiniging →zware metalen)?

Indien niet altijd voor een voorafgaandelijke onderzoek wordt gekozen: wat bij een verontreiniging opgemerkt tijdens het boren? Maatregelen?

Tenslotte: Welke normen gebruiken bij sanering? Ordonnantie bodem? Of strenger zijn?

Graag een voorstel voor deze materie.

Het uitgangspunt is dat er duidelijkheid moet zijn over de toestand van het terrein m.b.t. verontreinigingen. Of het terrein is niet verontreinigd, of het terrein is verontreinigd en dient gesaneerd te worden of het terrein is verontreinigd en kan niet gesaneerd worden.

Vanuit deze kennis kan vervolgens een gefundeerde beslissing genomen worden in functie van het verdere verloop van de werken. Het uitgangspunt hierbij is dat er geen bijkomende verspreiding van de verontreiniging mag plaatsvinden tengevolge van de installatie van de geothermische systemen.

Dit kan door te saneren tot onder de bodemsaneringsnorm, door de verontreiniging af te schermen van de geothermische installatie, door de verontreiniging te immobiliseren.

Het is noodzakelijk om te weten of er een verontreiniging is op het terrein. Indien er reeds een bodemonderzoek is uitgevoerd en de verontreiniging reeds is afgeperkt dan is er geen probleem. Indien het perceel zich bevindt in het register van verontreinigde gronden en niet gesaneerd kan worden om één of andere reden dan moet nagegaan worden wat de risico's zijn m.b.t. de verspreiding van de verontreiniging en welke maatregelen kunnen genomen worden om deze verspreiding te verhinderen. In elk geval dient dit het onderwerp uit te maken van een studie voorafgaandelijk aan de aanvang van de werken.

Indien tijdens de werken een verontreiniging wordt vastgesteld dan moeten de werken worden stilgelegd en moet de ernst van de verontreiniging worden onderzocht en gekeken worden hoe de zaak verder moet worden aangepakt.

- 4) Zijn er nog alternatieven voor bentoniet en thermisch verbeterde grout? Bijvoorbeeld: In geval van het ontbreken van een geologisch profiel, zijn er alternatieven voor materialen die een kleinere waterpermeabiliteit of een grotere thermische geleidbaarheid hebben (zodat we de geologische onzekerheden kunnen wegwerken door deze verbeterde materialen te vragen)?
Indien er wel een duidelijk geologisch profiel is: enkel kleistoppen vragen? Of moet altijd het gehele boorgat afgevuuld worden? Bij gesloten systemen: kan het Bim eisen dat er altijd een opvulmateriaal wordt gebruikt met een maximale geleidbaarheid dat

op de markt is? Welk materiaal kunnen wij aanvaarden en welke niet (drempelwaarden beschikbaar?).

Is opgenomen in de tekst (zie paragraaf 7.3.1). We adviseren om een thermische verbeterde grout te gebruiken voor alle toepassingen met gesloten verticale bodemwarmtewisselaars vanwege de vaste mengverhouding en de gekende thermische specificaties (volgens de leverancier).

- 5) OPEN systemen: vergelijk p 49 taak 1 en 2 versus p 86 andere taken: is het vanaf 20000 m³ of 2000 m³ per seizoen dat er een numeriek model nodig is? Graag duidelijkheid hierover. En op welke basis zijn de getallen 2000 of 20.000 gekozen? Zijn er geen alternatieven voor modellen of berekeningen? Waarom niet op basis van de hydrogeologische profielen uitmaken dat er een (verticaal) verspreidingsrisico is?

Het voorstel is om de grens van 2.000 m³ aan te houden. 2.000 m³/jaar komt overeen met een installatie met een verwarmings/koelvermogen van 5 à 10 kW. 20.000 m³/jaar komt overeen met een verwarmings/koelvermogen van 50 à 100 kW.

Systemen met een groter verplaatst volume dan 20.000 m³/jaar dienen sowieso gemodelleerd te worden. Voor de inschatting van de verticale verspreiding zou in eerste instantie kunnen worden uitgegaan van de hydrogeologische profielen. Voor de begroting van vernattingsfenomenen zijn sowieso meerlagenmodellen nodig indien het gaat om freatisch watervoerende lagen. Voor de begroting van de horizontale verspreiding is enig rekenwerk noodzakelijk. Ergens moet een grens worden getrokken. De grens van 2.000 m³/jaar betekent dat alle open systemen nagenoeg moeten doorgerekend worden met behulp van een numeriek model, de grens van 20.000 m³/jaar houdt in dat enkel de grote systemen moeten doorgerekend worden met behulp van een numeriek model en dat voor de andere installaties een analytische berekening kan volstaan.

- 6) Bij gevaar voor vernatting: moet er dan bijkomende studies gevraagd worden als er een risico is? Of een maximale injectiedruk opleggen?

Dit is een moeilijk punt. Om de vernatting te kunnen begroten ter hoogte van bestaande openbare of private eigendommen (metro, kelders, ondergrondse garages) is heel wat informatie nodig. Deze informatie moet worden opgevraagd door de vergunningsaanvrager en hij moet aantonen dat er geen risico is op vernatting. Een andere optie bestaat erin om per watervoerende laag een maximaal peil op te leggen dat in de watervoerende laag mag bereikt worden ter hoogte van de rand van de site. De injectiedruk alleen geeft niet voldoende informatie aangezien een injectie druk van 20 m+MV een andere invloed heeft indien de watervoerende laag zich bevindt op 50 m-MV en afgedekt is door een kleilaag van 30 m of wanneer het een freatisch watervoerende laag betreft.

Het vastleggen van pro forma maximale grondwaterpeilen kan nuttig zijn indien dit gebeurt op basis van gegevens met betrekking tot openbare ondergrondse werken en met betrekking tot gekende dieperliggende constructies. Deze peilen kunnen dan bepaald worden door de overheid. Indien de aanvrager hiervan wil afwijken dan kan hij dat in principe doen als hij aantoont dat er geen nadelige invloed zal ontstaan ter hoogte van de reeds vergunde constructies in de buurt.

- 7) **Graag een technisch verslag per techniek en per grootte.** Onderscheid maken tussen residentiële, tertiaire/industriële toepassingen.
Wat moet gevraagd worden in welke situatie? Bijvoorbeeld: bij kleine toepassingen enkel een beperkt technisch verslag? Of is hier een technisch verslag niet nodig?
Idem voor de exploitatievoorwaarden: opstellen per techniek en per grootte van het systeem (zie ook verder).

We adviseren toch om geen onderscheid te maken in de systeemgrootte van de geothermische installaties vermits zowel grote als kleine systemen milieueffecten kunnen veroorzaken en de meeste maatregelen ook voor alle installaties binnen hun categorie toepasbaar zijn. Een technisch verslag kan in de meeste gevallen vrij snel worden opgemaakt en geeft aan de overheid toch de meest essentiële zaken weer. Bijlage 5 geeft een korte oplistings wat nodig is bij een aanvraag en wat eventueel later kan aangeleverd worden.

- 8) Verbod op additieven bij § 2.2.8: wat met kalkaanslag, roestvorming in de leidingen?

Eens het drinkwater in het grondwatercircuit terecht is gekomen betreft het technisch water. Het is duidelijk dat dit water geen drinkwater meer is en dus ook niet echt geschikt is voor menselijk gebruik. Het water blijft in principe in het circuit en heeft een beperkte reactiecapaciteit. Er kan bijgevolg eenmalige neerslag plaatsvinden van kalk of van ijzeroxides.

Het is duidelijk dat bij een lek van dit water in principe een verontreiniging wordt veroorzaakt. In combinatie met behoud van overdruk, lekdetectie en gebruik van leidingwater zijn wij van mening dat een mogelijke lekkage slechts een beperkte lek kan veroorzaken. Ons oordeel is dat deze verontreiniging beperkt is en door de natuurlijke regeneratiecapaciteit van de watervoerende laag zal worden verwerkt. Het lek zal in principe snel gedetecteerd worden en er kan snel worden opgetreden.

Indien men absoluut wil vermijden dat er een lek optreedt dan is het gebruik van een dubbelwandige wisselaar absoluut noodzakelijk.

- 9) Er wordt lekbak voorzien bij een dubbelwandige scheiding (§2.2.5), waarom niet bij een enkelwandige scheiding?
§ 2.2.9 Bij dubbelwandige wisselaars: moet de druk in het secundair circuit steeds in overdruk staan, is dat wel nodig in dit geval?

De lekbak kan ook worden voorzien in geval van een wisselaar met enkelvoudige scheiding.

Bij een wisselaar met dubbele wanden heeft de lekbak als doel om lekwater op te vangen vanuit het grondwatercircuit enerzijds of vanuit het gebouwzijdig circuit anderzijds.

Bij een enkelvoudige wisselaar betekent een lek meteen dat er contact ontstaat tussen gebouwcircuit en grondwatercircuit. De kans op een lek tussen lucht en één van de circuits is eerder klein gezien de geringe scheidingsoppervlakte tussen lucht en de circuits. Een lek zal dan ook voornamelijk optreden bij de installatie van de wisselaar. Indien er toch een lek optreedt dan kan dit aanleiding geven tot het leeglopen van het volledige gebouwcircuit. Een lekbak kan nooit volstaan om deze inhoud op te vangen. Het belangrijkste nut van een lekbak zou hierin bestaan dat hij condenswater opvangt dat vanuit de lucht op de wisselaar condenseert.

Voor dubbelwandige wisselaars wordt geen drukbehoud vereist. Milieueffect 3 vereist enkel maatregel 5.

- 10) Over het algemeen is het **verband risico's, remediërende en milderende maatregelen en exploitatievoorwaarden niet altijd even duidelijk**. Eigenlijk moeten de exploitatievoorwaarden alle voorafgaandelijke risico's hernemen. De link tussen voorwaarden en voorwaarden moet duidelijker zijn. Dit is zowel geldig voor open en gesloten systemen.

Door het opnemen van de milieuexploitatievoorwaarden bij ontwerp, beheer, onderhoud en stopzetting van de installaties zouden de meeste risico's zoveel als mogelijk vermeden dienen te zijn. Alhoewel hier kan geen 100% garantie voor gegeven worden. Het gebruik van de bodem om energie op te slaan of te onttrekken is een zeer dynamisch gegeven.

- 13) Waarom zijn de exploitatievoorwaarden voor gesloten systemen summier en deze van de open systemen heel uitgebreid? Graag beide uniform opstellen met (zoals reeds aangehaald) met onderscheid voor grote en kleine systemen en ook per techniek)

Is aangepast conform de open systemen (zie paragraaf 7.3).

- 14) De exploitatievoorwaarden ontbreken voor TECH 7 maar er is wel een aanvraagformulier? Waarom een aanvraagformulier als er bijna geen milieueffecten zijn?

Voor TECH-7 worden geen milieuexploitatievoorwaarden opgelegd vermits voor deze techniek quasi geen milieueffecten kunnen optreden. Voor deze systemen wordt enkel gevraagd het technisch verslag te willen invullen zodat de overheid kennis heeft wat er in de bodem aan gebruikt materiaal aanwezig is.

- 15) Is elke TECH 3 installatie een risico-installatie? Zo ja, misschien beter een bodemonderzoek vragen op het einde van de uitbating? Moeten hier ook geen

speciale maatregelen genomen worden om de buizen te beschermen tegen vb graafweken?

Een TECH-3 installatie is zeker geen risico-installatie tenzij het koudemiddel van de warmtepomp rechtstreeks door de horizontale bodemwarmtewisselaars wordt gestuurd. Vaak wordt als koudemiddel in deze warmtepompen R134a, R407, ed. gebruikt die bij lekken naar de bodem toch een groter milieueffect veroorzaken dan bijvoorbeeld monopropyleenglycol of puur water indien de toepassing het toelaat. Bij deze installatie is de kans groter dat er lekken optreden naar de bodem, al wil dat niet per definitie zeggen dat die installaties sowieso (en effectief) gaan lekken. Een bodemonderzoek vragen zou een brug te ver zijn. Dergelijke installaties worden meestal bij particulieren geplaatst wat de kostprijs voor hen te duur zou maken. We zijn zelfs van mening dat bij een goed ontwerp en eisen aan dergelijke installaties het milieueffect beperkt kan worden. Ok buizen kunnen beschermd worden met een lint, is sowieso een standaard procedure indien horizontale leidingen in de bodem worden geplaatst.

- 16) Wat is de milieu-impact van monopropyleenglycol bij een lek? Hoe sterk biodegradeerbaar is deze precies (afbraaksnelheid per type bodem)? Kenmerken? Hoeveel mag er ontsnappen? Een onbeperkte hoeveelheid? Kan men spreken van een milieurisico als monopropyleenglycol lekt bij horizontale sondes (dat dikwijls al in een verontreinigde zone ligt)? Zijn er alternatieven? Bietensap? Wat zijn de vloeistoffen die gebruikt worden in het buitenland? Ervaringen? Ten slotte, wat zijn de standaard maatregelen die moeten getroffen worden bij een lek?

Is gedeeltelijk opgenomen in de tekst (zie paragraaf 7.3.1). Cijfers omtrent de biodegradeerbaarheid zijn bij mijn weten niet gekend. Deze materialen bevinden zich in de bodemwarmtewisselaars en die zitten vast in de grond.

- 17) Thermische invloed op de bodem bij gesloten systemen: Vito stelt voor deze enkel te vragen bij tertiaire systemen. Is het niet beter dit te vragen vanaf vb 150 sondes? Of vanaf een aantal meter sondes in de grond? Of het aantal Watt?

Is opgenomen in de tekst onder paragraaf 4.6.3.

- 18) Wanneer moet het BIM monitoringspeilbuizen eisen? Enkel bij open systemen? Ook bij gebruik van glycol? Wat als er al een lekdetectie is en er verschillende circuits zijn → dan nog monitoringspeilbuizen nodig?

Het gebruik van de monitoring peilbuizen voor open systemen is voornamelijk gericht op de controle van de grondwateronttrekking. Systematische peilmetingen in de bronnen of in de peilbuizen maken het mogelijk om na te gaan of er effectief slechts beperkte hoeveelheden grondwater worden onttrokken door de aanvrager. Indien hij op één of andere wijze veel

grondwater onttrekt, dit vervolgens loost en niet over de debietmeter leidt dan kan dit via de peilmetingen worden vastgesteld.

In een algemeen kader zijn de kwaliteitsgegevens met betrekking tot de samenstelling van dit water interessant voor het bekomen van achtergrondwaarden voor de regio van Brussel en voor de detectie van verontreinigingen in het algemeen.

De peilbuizen zijn niet direct nuttig voor het opsporen van verontreinigingen tengevolge van de geothermische systemen zelf. Bij open systemen kan het in functie van de inplanting van de peilbuizen gebeuren dat de verontreiniging nooit in de peilput terechtkomt. Hiertoe zijn metingen ter hoogte van de bronnen interessanter. Bij gesloten systemen heerst ter hoogte van de site de natuurlijke grondwaterstroming. Bovendien worden er in principe zeer veel bodemlussen geplaatst waardoor de installatie van een enkele peilbuis niet voldoende garantie biedt op lekdetectie. Bij gesloten systemen is het interessanter om de systeemdruk te monitoren en het volume op te meten dat in het bodemlussysteem is gepompt.

Besluit : Monitoring peilbuizen worden steeds gevraagd in het kader van een grondwaterwinning en zijn dus ook noodzakelijk indien geopteerd wordt voor een open systeem.

- 19) Is een TRT test noodzakelijk voor volledigheidverklaring van een dossier of kan het daarna worden aangeleverd? In het algemeen, welke documenten zijn absoluut noodzakelijk voor de aanvraag en welke kunnen later aangeleverd worden?

Is opgenomen in de tekst onder paragraaf 4.6.3. en in bijlage 5.

- 20) Welke numerieke en analytische modellen kan het BIM opleggen aan de aanvrager? Graag een gedetailleerde lijst + kostprijs voor de aanschaf ervan.

Is opgenomen in de tekst voor gesloten systemen (zie paragraaf 4.6.4).

- 21) Moet het BIM opleggen dat het technisch verslag wordt opgesteld door een (erkend) studiebureau? Of is het mogelijk dat de aanvrager het op eigen houtje invult?

Ofwel bepaalt het BIM de te volgen procedure, ofwel legt het BIM criteria vast m.b.t. de uitvoerders van de werken.

In principe kan het technisch verslag worden opgesteld door de aanvrager. Voor het aanleveren van specifieke informatie (effectenstudie, ...) dient deze beroep te doen op een erkend studiebureau. Andere aspecten kunnen bepaald worden door een procedure voor te schrijven, bvb. voor de begroting van de primaire energievraag kan verwezen worden naar de EPB regelgeving.

Mijn voorstel is om het invullen van het verslag vrij te laten en om eisen op te leggen met betrekking tot de studies die in bijlage van het technisch verslag worden aangereikt.

- 22) Wat met 'wie het eerst komt, eerst pompt' principe? Dit kan in de toekomst voor juridische ongelijkheid zorgen...Is hiervoor een oplossing mogelijk, en wat deed men in het buitenland ?

In Nederland is het verlenen van vergunningen een provinciale bevoegdheid. Hierbij is het zo dat een vergunning slechts wordt verleend indien bestaande vergunningen niet worden geschaad. Het principe wie eerst komt eerst maalt is hierbij van kracht. Dit betekent uiteraard dat een vergunninghouder een recht verkrijgt. Dit verkregen recht moet gerespecteerd worden door de latere aanvragers. Met behulp van algemene en specifieke exploitatievoorwaarden kan men dit recht inperken. De thermische invloed is in belangrijke mate gekoppeld aan het volume geïnjecteerd water. Door een beperking op te leggen over de hoeveelheid water die onttrokken en geïnjecteerd mag worden, zal men eveneens de invloed van de installatie inperken. Dit zijn echter voornamelijk politieke beslissingen. Kan de thermische opslagcapaciteit aanzien worden als een publiek goed of behoort het gebruik van deze capaciteit enkel toe aan de eigenaar van het bovengronds perceel ? Mag deze eigenaar de bodem vervolgens thermisch uitputten of is dit niet toegestaan omdat hij dan zijn opvolger in de tijd het recht ontnemt hetzelfde te doen ? Drinkwatermaatschappijen onttrekken ook drinkwater aan de volledige watervoerende laag en hebben aldus een perceeloverschrijdende activiteit.

Het is belangrijk dat er bepaalde regels worden opgelegd met betrekking tot het beheer van de ondergrond. Enkel op deze wijze weten alle partijen waar zij aan toe zijn. Alle regels hebben hun voordelen en nadelen.

- 23) Extreme injectietemperaturen 4°C en 25°C

De extreme temperaturen kunnen inderdaad opgenomen worden in de exploitatievoorwaarden.

Wat betreft de ondergrens is dit eveneens een fysische ondergrens. Immers water injecteren onder 0°C kan niet, het is dus verstandig om een zekere marge aan te nemen met betrekking tot deze minimale temperatuur.

25°C is een bepaling die in Vlaanderen een wettelijke is voor grondwater en ook een grens die vrij algemeen wordt opgelegd aan de drinkwatermaatschappijen.

- 24) Grondwateranalyses

Deze bepalingen zijn afkomstig van de eisen die aan het grondwatersysteem worden gesteld bij het project Van Volxem. Ik vind ook dat deze eisen extreem zijn. Anderzijds is het zo dat het gebouwzijdig circuit metalen en evt. zware metalen bevat en dat in het gebouwzijdig water

eveneens olie kan voorkomen (PAC) en is het dus niet direct vreemd dat op die stoffen bemonsterd wordt. Indien enkel wordt gekeken naar de physico-chemische parameters en de in het grondwater aanwezige elementen dan zal een vervuiling niet worden waargenomen.

De waarden worden voornamelijk vergeleken met deze die genomen worden voor de wisselaar en deze die genomen worden na de wisselaar. En worden ook vergeleken met de initiële waarden. De vergelijking met de initiële waarden is eigenlijk een referentiemeting voor achtergrondwaarden. Indien deze metingen afwijken dan kan het zijn dat de verontreiniging afkomstig is van een andere locatie. De vergelijking tussen de parameters van voor en na de wisselaar geeft informatie omtrent eventuele lekken tussen primair en secundair circuit.