



Engineering the earth



Engineering the earth

Carolus Borromeus College te Helmond
Effectenstudie grondwatersysteem

Carolus Borromeus College te Helmond

Effectenstudie grondwatersysteem

Deze studie is geen ontwerpdocument voor het grondwatersysteem. Het document is uitsluitend opgesteld als onderbouwing voor de aanvraag van de onttrekkingsvergunning in het kader van de Waterwet.

Vergunning-aanvrager **Ons Middelbaar Onderwijs**
Spoorlaan 171
Postbus 574
5000 AN TILBURG
T 013 - 59 555 00 | F 013 - 59 555 99 | E [redacted]@omo.nl
Contactpersoon: [redacted] [redacted]

Adviseur energieopslag **IF Technology bv**
Velperweg 37
Postbus 605
6800 AP ARNHEM
T 026-35 35 554 | F 026-35 35 599 | E [redacted]@iftechnology.nl
Contactpersoon: [redacted] [redacted] MSc

Colofon **Auteur:** [redacted] [redacted] **MSc**
Versie: definitief
Gecontroleerd door: [redacted] ing. [redacted]
Vrijgegeven door: [redacted] [redacted] [redacted]

Samenvatting

Inleiding

Het voornemen bestaat om energieopslag in de bodem toe te passen voor de duurzame klimatisering van de nieuwbouw van het Carolus Borromeus College aan de Brandevoortsedreef in Helmond.

Energieopslagsysteem

De monobron van het energieopslagsysteem is beoogd in het eerste watervoerende pakket. Het systeem onttrekt en infiltreert maximaal 180.000 m³/jaar met een maximaal debiet van 30 m³/uur.

Energiebesparing en emissiereductie

Door het toepassen van energieopslag kan jaarlijks circa 48.521 m³ aardgasequivalenten worden bespaard. Deze energiebesparing leidt tot een jaarlijkse emissiereductie van 84 ton CO₂ en 110 kg NO_x.

Hydrologische effecten

Het berekende hydrologische invloedsgebied reikt tot 40 m van de monobron. De maximale stijghoogteverandering bedraagt 2,0 m. De grondwaterstandveranderingen treden niet op. Negatieve hydrologische invloed op andere grondwatergebruikers en overige belanghebbenden is niet aan de orde.

Hydrothermische effecten

Het berekende hydrothermische invloedsgebied reikt tot 145 m van de monobron. Negatieve thermische invloed op andere grondwatergebruikers en overige belanghebbenden is niet aan de orde.

Grondmechanische effecten

De locatie bevindt zich in een gebied dat ongevoelig is voor zetting. Er treedt dan ook geen schade op ten gevolge van zetting.

Effecten op de grondwaterkwaliteit

Het zoet-/brakgrensvlak en het brak-/zoutgrensvlak worden niet beïnvloed. Gezien de geringe temperatuurverschillen bij dit project vinden geen significante effecten plaats op de chemische en microbiologische samenstelling van het grondwater. Binnen het berekende invloedsgebied van het energieopslagsysteem zijn geen ernstige verontreinigingen aanwezig.

Inhoudsopgave

Samenvatting.....	3
1 Inleiding	6
2 Systeembeschrijving	7
2.1 Uitgangspunten	7
2.2 Opzet bronsysteem.....	9
2.3 Energiebesparing en emissiereductie	9
3 Geohydrologie en effectberekeningen	10
3.1 Bodemopbouw	10
3.2 Geohydrologische kenmerken	10
3.3 Hydrologische effecten.....	11
3.4 Hydrothermische effecten	13
3.5 Grondmechanische effecten	14
4 Invloed op omgevingsbelangen	15
4.1 Grondwaterkwaliteit	15
4.2 Verzilting	15
4.3 Verontreinigingen.....	16
4.4 Grondwatergebruikers.....	16
4.5 Grondwaterbescherming.....	16
4.6 Bebouwing en infrastructuur	16
4.7 Natuur en openbaar groen.....	17
4.8 Cultuurhistorie en archeologische waarden	17

Figuren

2.1 Principeschema van het energieopslagsysteem

2.2 Overzichtskaart

- locatie monobron
- locatie geraadpleegde peilbuis

3.1 Berekende stijghoogteveranderingen in het opslagpakket

3.2 Berekende temperaturen in het opslagpakket

Bijlagen

- 1 Kaart met bronlocatie
- 2 Berekening van de eindzetting

1

Inleiding

Het voornemen bestaat om energieopslag in de bodem toe te passen voor de duurzame klimatisering van het Carolus Borromeus College. Het Carolus Borromeus College wordt gebouwd aan de Brandevoortsedreef in Helmond.

Het onttrekken en infiltreren van grondwater ten behoeve van het beoogde energieopslagstelsel is in het kader van de Waterwet vergunningplichtig. De provincie is bevoegd gezag. De aanvraag dient voorzien te zijn van een studie naar de effecten van het energieopslagstelsel op de omgeving.

De voorliggende effectenstudie geeft een overzicht van de effecten van de energieopslag op de bodem, het grondwater en omgevingsbelangen. Conform de eisen Waterwet zijn in deze rapportage de volgende onderwerpen opgenomen:

- De kenmerken en dimensionering van de energieopslag en milieuvoordelen.
- De geohydrologie van de locatie en effectberekeningen van de energieopslag.
- De invloed van de energieopslag op de omgevingsbelangen.

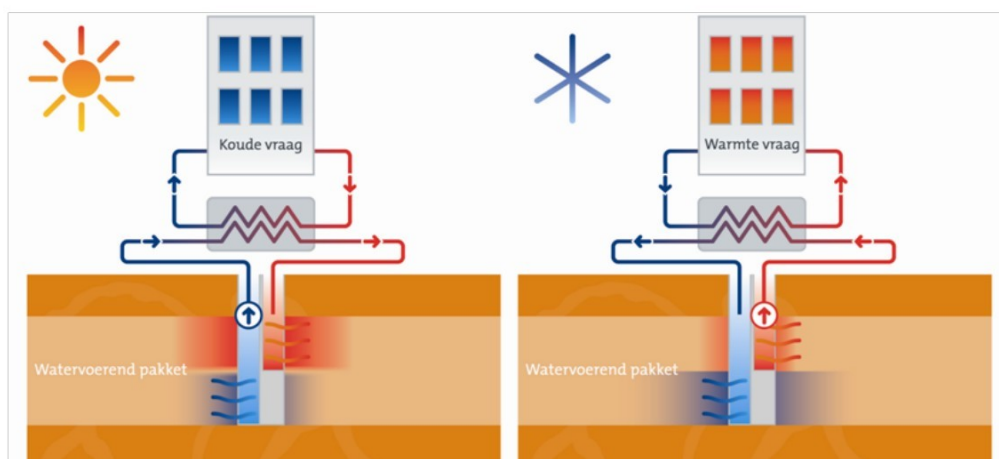
2

Systembeschrijving

2.1 Uitgangspunten

Om lange termijn energieopslag in de bodem mogelijk te maken, wordt een grondwatersysteem aangelegd. Het grondwatersysteem bestaat uit één monobron waar grondwater aan kan worden onttrokken en in geïnfiltrerd (zie figuur 2.1).

Figuur 2.1
Principeschema
monobron



De grondwaterzijdige uitgangspunten voor de vergunningaanvraag zijn opgenomen in tabel 2.1.

Tabel 2.1
Uitgangspunten
energieopslag

parameter	eenheid	winter	zomer
maximale verplaatste waterhoeveelheid ^a	[m ³ /seizoen]	90.000	90.000
gemiddelde verplaatste waterhoeveelheid	[m ³ /seizoen]	60.000	60.000
maximaal debiet	[m ³ /uur]	30	30
maximale hoeveelheid ontwikkelwater ^b	[m ³]	3.000	
maximale spuihoeveelheid ^b	[m ³ /jaar]	3.000	
gemiddelde infiltratietemperatuur	[°C]	8,5	15,5
minimale/maximale infiltratietemperatuur	[°C]	5	25
gemiddelde verplaatste energiehoeveelheid	[MWh/seizoen]	320	320

^a Tijdens opstartjaar of extreme seizoenen.

^b Zie toelichting in onderstaande tekst.

Ontwikkelwater

Doel van het ontwikkelen is het opleveren van een zo schoon mogelijke bron door de verstopping op de boorgatwand zo goed mogelijk te verwijderen. Tijdens het ontwikkelen wordt grondwater (ontwikkelwater) onttrokken en geloosd. Het grondwater komt (afhankelijk van de betrokken aannemer) vrij met een maximaal debiet van 100 tot 130% van het ontwerpdebiet (30 tot 39 m³/h/bron). De maximaal te onttrekken en te lozen hoeveelheid water per bron bedraagt 1.500 m³. Deze hoeveelheid wordt in een periode van ongeveer twee weken per bron onttrokken. Voor het ontwikkelen van de beoogde bronnen wordt maximaal 3.000 m³ grondwater onttrokken. Het onttrokken grondwater wordt niet teruggebracht in de bodem, maar geloosd op het gemeentelijk riool of op het oppervlaktewater. Toestemming voor lozing op het riool of oppervlaktewater wordt in een later stadium van het project aangevraagd bij het betreffende bevoegde gezag.

De maximale stijghoogteverandering tijdens de ontwikkelfase gemeten in de bron of in het filtergrind is vaak groter dan de maximaal berekende stijghoogteveranderingen bij een systeem dat in bedrijf is. De extra verlaging wordt veroorzaakt door:

- de verstopping op de boorgatwand die is ontstaan tijdens het boorproces (zie b.v. Kruseman en De Ridder (2000) Analysis and Evaluation of Pumping Test Data);
- het alleen onttrekken en niet retourneren (infiltreren) van grondwater bij het ontwikkelen;
- met een hoger debiet grondwater te onttrekken dan in de bedrijfsfase.

Op basis van het gemiddelde debiet verdeeld over een ontwikkelperiode van vier weken is de grootte van het hydrologische invloedsgebied in de ontwikkelfase kleiner dan het invloedsgebied van een systeem dat in bedrijf is (zie hoofdstuk 3.3). Na de inbedrijfname zijn de genoemde extra verlagingen daarom niet meer van toepassing.

Spuien

In verband met preventief onderhoud van de bronnen worden deze een aantal keer per jaar gespuid. Bij deze actie wordt uit de bronnen enige tijd grondwater onttrokken met het maximale debiet. Per jaar zal niet meer dan 3.000 m³ grondwater worden onttrokken. Dit grondwater wordt geloosd op het gemeentelijk riool of oppervlaktewater of wordt teruggebracht in de bodem. Toestemming voor lozing op het riool of oppervlaktewater wordt aangevraagd bij bevoegd gezag.

2.2 Opzet bronsysteem

Het grondwatersysteem bestaat uit één monobron. De locatie van de bron is weergegeven in figuur 2.2. In bijlage 1 is de bronlocatie ingetekend op een gedetailleerde kaart.

In tabel 2.2 is de opzet van het bronsysteem beschreven. Het warme filter wordt boven het koude filter geplaatst.

Tabel 2.2
Opzet monobron

parameter	eenheid	waarde
filterdiepte	[m-mv]	30 - 80 (eerste watervoe- rende pakket)
minimale lengte per bronfilter	[m]	10
minimale verticale afstand tussen koud en warm filter	[m]	20

Het grondwatercircuit wordt luchtdicht en onder een overdruk ten opzichte van de atmosfeer gehouden, zodat geen lucht in het grondwatercircuit kan toetreden.

2.3 Energiebesparing en emissiereductie

Voor het bepalen van de energiebesparing en de emissiereductie is de warmte- en koudelevering met energieopslag en warmtepompen vergeleken met een conventionele installatie voor koeling en verwarming, bestaande uit koelmachines (airconditioning) en een HR-ketel.

Het verbruik van elektriciteit is omgerekend naar de hoeveelheid aardgas die nodig is voor de elektriciteitsopwekking. Hierdoor kan het totale primaire aardgasverbruik worden vergeleken.

Indien jaarlijks 320 MWh_t aan warmte en 320 MWh_t aan koude wordt onttrokken aan de bodem en geleverd aan het gebouw, bedraagt de besparing in het primair aardgasverbruik 48.521 m³ aardgasequivalenten per jaar. Dit komt neer op een energiebesparing van 59%. Deze energiebesparing resulteert in een jaarlijkse emissiereductie van 84 ton (55%) koolstofdioxide (CO₂) en 110 kg (86%) stikstofoxiden (NO_x).

3

Geohydrologie en effectberekeningen

3.1 Bodemopbouw

De bodemopbouw in de directe omgeving van de locatie is beschreven op basis van de volgende gegevens:

- Grondwaterkaart van Nederland
- Regionaal Geohydrologisch Informatie Systeem (REGIS)
- Boorbeschrijvingen uit het archief van TNO Bouw en Ondergrond via DINOLoket:

Tabel 3.1
Gehanteerde
bodemopbouw

Op basis van deze gegevens is de bodemopbouw geschematiseerd in een deklaag, een watervoerend pakket en een scheidende laag (tabel 3.1).

diepte [m-mv] ^a	lithologie	geohydrologische benaming	doorlaatvermogen of weerstand ^b [m ² /d] of [d]
0 - 2	klei, leem en zand	deklaag	150 d en 50 m ² /d
2 - 80	matig tot uiterst grof zand, lokaal grindig	eerste watervoerende pakket	3.120 m ² /d
>80	klei en slibhoudende laag	eerste scheidende laag	2.000 d

^a maaiveldhoogte: circa +18 m t.o.v. NAP

^b doorlaatvermogen: bepaald met Shepherd en REGIS/ gemiddelde weerstand: 100 d/m voor klei

3.2 Geohydrologische kenmerken

De laagste, gemiddelde en hoogste grondwaterstand en de stijghoogte in het watervoerende pakket zijn weergegeven in tabel 3.2.

Tabel 3.2
Grondwaterstand en
stijghoogte [m-mv]

	bron	laagste	gemiddelde	hoogste
grondwaterstand / 1 ^e watervoerende pakket	peilbuis B51H0280 ^a	2,4	1,5	0,6

^a peilbuis B51H0280 is weergegeven in figuur 2.2

De lokale en regionale geohydrologische kenmerken zijn opgenomen in tabel 3.3.

Tabel 3.3
Lokale en regionale
geohydrologische
kenmerken

parameter	eenheid	
grondwaterstroming opslagpakket (snelheid) ^a	[m/jaar]	20
grondwaterstroming opslagpakket (richting) ^a	[-]	NW
grondwatertemperatuur (opslagpakket) ^b	[°C]	11
zoet-/brakgrensvlak (chloride 150 mg/l) ^c	[m-mv]	300
brak-/zoutgrensvlak (chloride 1.000 mg/l) ^c	[m-mv]	>300

^a bron: REGIS

^b bron: P. Stolk - Analyse van temperatuurmetingen in de Nederlandse ondergrond (2000)

^c bron: Grondwaterkaart van Nederland

3.3 Hydrologische effecten

Om de hydrologische effecten van de energieopslag te berekenen, is gebruik gemaakt van het hydrologische softwarepakket MLU voor Windows (Multi Layer Unsteady state). Meer informatie over MLU is te vinden op www.microfem.com.

De bodemopbouw in het model is gebaseerd op de geohydrologische bodemopbouw in tabel 3.1. Uitgangspunt is dat de bodemopbouw geldt voor het totale gemodelleerde gebied. In tabel 3.4 is de modelopbouw weergegeven.

Tabel 3.4
Modelopbouw

diepte [m-mv]	toelichting	doorlaatvermogen [m ² /d]	weerstand [d]
1,5 ^a	gesloten bovenrand	-	∞
1,5 - 1,8	deklaag (zandig)	50 ^b	-
1,8 - 2	deklaag	-	150
2 - 30	1 ^e watervoerende pakket	1.120	-
30	fictieve scheidende laag	-	2 ^c
30 - 40	1 ^e watervoerende pakket (warm bronfilter)	400	-
40	fictieve scheidende laag	-	1,5 ^c
40 - 60	1 ^e watervoerende pakket (tussen bronfilters)	800	-
60	fictieve scheidende laag	-	1,5
60 - 70	1 ^e watervoerende pakket (koud bronfilter)	400	-
70	fictieve scheidende laag	-	1 ^c
70 - 80	1 ^e watervoerende pakket	400	-
>80	1 ^e scheidende laag	-	∞

^a de gemiddelde grondwaterstand bedraagt circa 1,5 m-mv (bron peilbuis, zie tabel 3.2)

^b geschat doorlaatvermogen van de deklaag

^c berekend op basis van anisotropiefactor 4

Oppervlaktewater

In de omgeving van de locatie is geen oppervlaktewater aanwezig. In het grondwatermodel is daarom een gesloten bovenrand (oneindige weerstand) gedefinieerd.

Schematisatie in tijd (stationair)

Om de stijghoogte- en grondwaterstandveranderingen te berekenen is een stationaire berekening uitgevoerd waarbij het systeem op maximaal debiet (30 m³/uur) draait. Aangezien in de praktijk het energieopslagsysteem slechts gedurende een zekere periode op maximaal debiet draait, zijn de berekende grondwaterstandveranderingen en stijghoogteveranderingen in het eerste watervoerende pakket een overschatting van de werkelijke optredende effecten.

Hydrologische effecten

In tabel 3.5 zijn de berekende hydrologische effecten bij maximaal debiet weergegeven. Het hydrologische invloedsgebied is het gebied waarbinnen het effect van het energieopslagsysteem op de stijghoogte gelijk aan of groter dan 0,05 m is. De grootte van de invloedsgebieden in de verschillende pakketten zijn in tabel 3.6 vermeld.

Tabel 3.5
Maximale grondwaterstand- en stijghoogteveranderingen

watervoerende laag	eenheid	zomer- en wintersituatie
freatisch	[m]	0,01
1 ^e watervoerende pakket	[m]	2,0

De maximale verandering van de grondwaterstand is kleiner dan 0,05 m. Derhalve zijn deze veranderingen niet in figuren weergegeven. In figuur 3.1 is het hydrologische invloedsgebied in het eerste watervoerende pakket (opslagpakket) in de winter- en zomersituatie gepresenteerd.

Tabel 3.6
Grootte invloedsgebieden

watervoerende laag	eenheid	zomer- en wintersituatie
freatisch	[m]	-
1 ^e watervoerende pakket	[m]	40

3.4 Hydrothermische effecten

Het berekenen van de thermische effecten van de energieopslag is uitgevoerd met het programma HstWin-2D. Met het programma HstWin-2D worden warmte- en stoftransport berekend in een verzadigd tweedimensionaal grondwatersysteem.

Bij een monobron bevinden het warme en koude filter zich op verschillende diepte, waardoor ze niet in één horizontaal 2D-model kunnen worden opgenomen. In deze studie is voor ieder bronfilter een berekening uitgevoerd.

De randvoorwaarden in het HstWin-2D-model zijn gebaseerd op de geohydrologische beschrijving in paragraaf 3.1. HstWin-2D simuleert de grondwaterstroming en het warmte-transport in één laag. De dikte van deze laag is gelijk gekozen aan de effectieve filterlengte (10 m). In tabel 3.7 zijn de belangrijkste geohydrologische en geothermische invoerparameters opgenomen die bij de berekeningen zijn gebruikt. De warmtegeleidingcoëfficiënten en de warmtecapaciteiten zijn ontleend aan de VDI 4640, Blatt 1/part 1.

Tabel 3.7
Modelopbouw
HST2D

laagnaam	dikte	doorlatendheid	warmtegeleiding-coëfficiënt	volumetrische warmtecapaciteit
	[m]	[m/d]	[W/(mK)]	[MJ/(m ³ K)]
geleidende toplaag	-	-	2,1	2,5
opslagpakket	10	40	2,4	2,5
geleidende onderlaag	-	-	2,1	2,5

Tabel 3.8
Onttrekking-/infiltratiepatroon

seizoen	bedrijfsstoestand	onttrekken	infiltreren	waterhoeveelheid	infiltratietemperatuur
		uit	in	[m ³ /seizoen]	[°C]
winter	warmtelevering	W	K	90.000	8,5
lente	rust	-	-	-	-
zomer	koudelevering	K	W	90.000	15,5
herfst	rust	-	-	-	-

In tabel 3.8 is het onttrekking-/infiltratiepatroon weergegeven.

De berekende temperaturen na 20 jaar energieopslag zijn weergegeven in figuur 3.2. Het hydrothermische invloedsgebied van het energieopslagsysteem bedraagt 145 m. Het hydrothermische invloedsgebied is het gebied ter hoogte van de gemodelleerde bronfilters waarbinnen de temperatuur minimaal 0,5°C afwijkt van de natuurlijke grondwatertemperatuur (11°C).

3.5 Grondmechanische effecten

De stijghoogteveranderingen als gevolg van de energieopslag kunnen zetting veroorzaken. In welke mate deze zettingen daadwerkelijk optreden, hangt af van de zettinggevoeligheid van de aanwezige bodemlagen en van de grootte van de stijghoogteveranderingen. Daarnaast zijn de eerder opgetreden bodembelastingen van belang. Deze zogenaamde voorbelastingen kunnen hebben plaatsgevonden bij extreem lage stijghoogten in droge jaren of door eerdere (tijdelijke) onttrekkingen.

De potentiële zetting is berekend met de formule van Koppejan. Hiervoor is de bodem geschematiseerd conform de opbouw in tabel 3.4. De zettingconstanten zijn ontleend aan NEN-blad 6740 - bladzijde 20. Via deze methode is een eindzetting van 0 mm berekend (zie bijlage 2).

4

Invloed op omgevingsbelangen

4.1 Grondwaterkwaliteit

Invloed van de temperatuur

Een verandering van de temperatuur van het grondwater kan het chemisch evenwicht van reacties veranderen. In het kader van het onderzoek Meer met Bodemenergie (MMB, www.meermetbodemenergie.nl) naar warmteopslag in de bodem is veel onderzoek gedaan naar het gedrag van water en sediment bij verwarming. Uit deze onderzoeken is gebleken dat de invloed van de temperatuurverandering die optreedt bij energieopslag (in het algemeen minder dan 10°C) op de watersamenstelling vaak verwaarloosbaar klein is.

Invloed van menging

Bij menging van grondwater met een verschillende samenstelling wordt de grondwaterkwaliteit beïnvloed. Een belangrijke conclusie van MMB en het onderzoek door VU/KWR is dat menging bij lage temperatuursystemen het meest bepalende proces is voor de grondwaterkwaliteit. De temperatuureffecten zijn bij temperaturen onder de 25°C ondergeschikt en worden pas bij hogere temperaturen belangrijker.

Menging heeft alleen effect op de grondwaterkwaliteit als de samenstelling van het gemengde water verschilt. Hierbij kan worden gedacht aan verschillen in zoutgehalte, hardheid en de redoxtoestand van het grondwater. De invloed van menging treedt alleen op in het gebied waar het mengwater zich bevindt: direct rond de bronnen en stroomafwaarts daarvan.

Het grondwater dat bij dit beoogde project gemengd zal worden, is volledig kalkverzadigd en gereduceerd (ijzerhoudend zuurstof- en nitraatloos). Nadelige effecten zijn dan ook niet te verwachten.

4.2 Verzilting

Gezien de weerstand en de afstand tussen de bronfilters en het zoet-/brak- en het brak-/zoutgrensvlak worden deze niet beïnvloed door de energieopslag.

4.3 Verontreinigingen

Binnen het berekende invloedsgebied van het beoogde energieopslagsysteem bevinden zich geen (ernstige) verontreinigingen. Van beïnvloeding van verontreinigingen is derhalve geen sprake.

4.4 Grondwatergebruikers

Binnen het berekende hydrologische en thermische invloedsgebied (zie paragraaf 3.3 en 3.4) bevinden zich geen overige grondwatergebruikers. Van beïnvloeding van overige grondwatergebruikers is daarom geen sprake.

4.5 Grondwaterbescherming

De locatie is niet gelegen in een waterwingebied, grondwaterbeschermingsgebied of boringsvrije zone.

4.6 Bebouwing en infrastructuur

Grondwaterstandveranderingen treden zijn nihil. De optredende stijghoogteveranderingen kunnen van invloed zijn op bestaande bebouwing en infrastructuur via zettingen.

Zettingen

In de Nederlandse Norm Geotechniek van 1990 (NEN 6740) zijn normen opgenomen om een ongewenst verlies aan bruikbaarheid, schade of hoge onderhoudskosten aan infrastructuur en constructies te voorkomen.

Volgens deze NEN-norm mag de zetting niet groter zijn dan 150 mm en mag het zettingsverhang (rotatie) niet groter zijn dan 1:300. Bij de aanwezigheid van ondiepe zettinggevoelige bodemlagen, zoals een deklaag, kunnen verschillen in de samenstelling van de betreffende laag aanleiding geven tot verschilzettingen aan maaiveld. Wanneer de veroorzaakte zetting in de deklaag groter is dan 15 mm, dan kunnen effecten van betekenis optreden.

Zetting treedt niet op. Er wordt geen schade aan gebouwen, funderingen, spoor, wegen of constructies veroorzaakt door het beoogde energieopslagsysteem.

4.7 Natuur en openbaar groen

De invloed op de grondwaterstand (hoofdstuk 3.3) is zo gering (0,01 m) dat de energieopslag geen invloed heeft op natuur, Beschermd Gebied Waterhuishouding, Attentiegebieden, Vogel- en Habitatrichtlijngebieden, Natuurbeschermingswetgebieden of Ecologische beschermingszones) en openbaar groen.

4.8 Cultuurhistorie en archeologische waarden

De invloed op de grondwaterstand (hoofdstuk 3.3) is zo gering (0,01 m) dat de energieopslag geen invloed heeft op eventueel aanwezige cultuurhistorie en archeologische waarden.

FIGUREN



Project: Energieopslag Carolus Borromeus College te Helmond

Onderwerp: Overzichtkaart met bronlocatie en geraadpleegde peilbuis

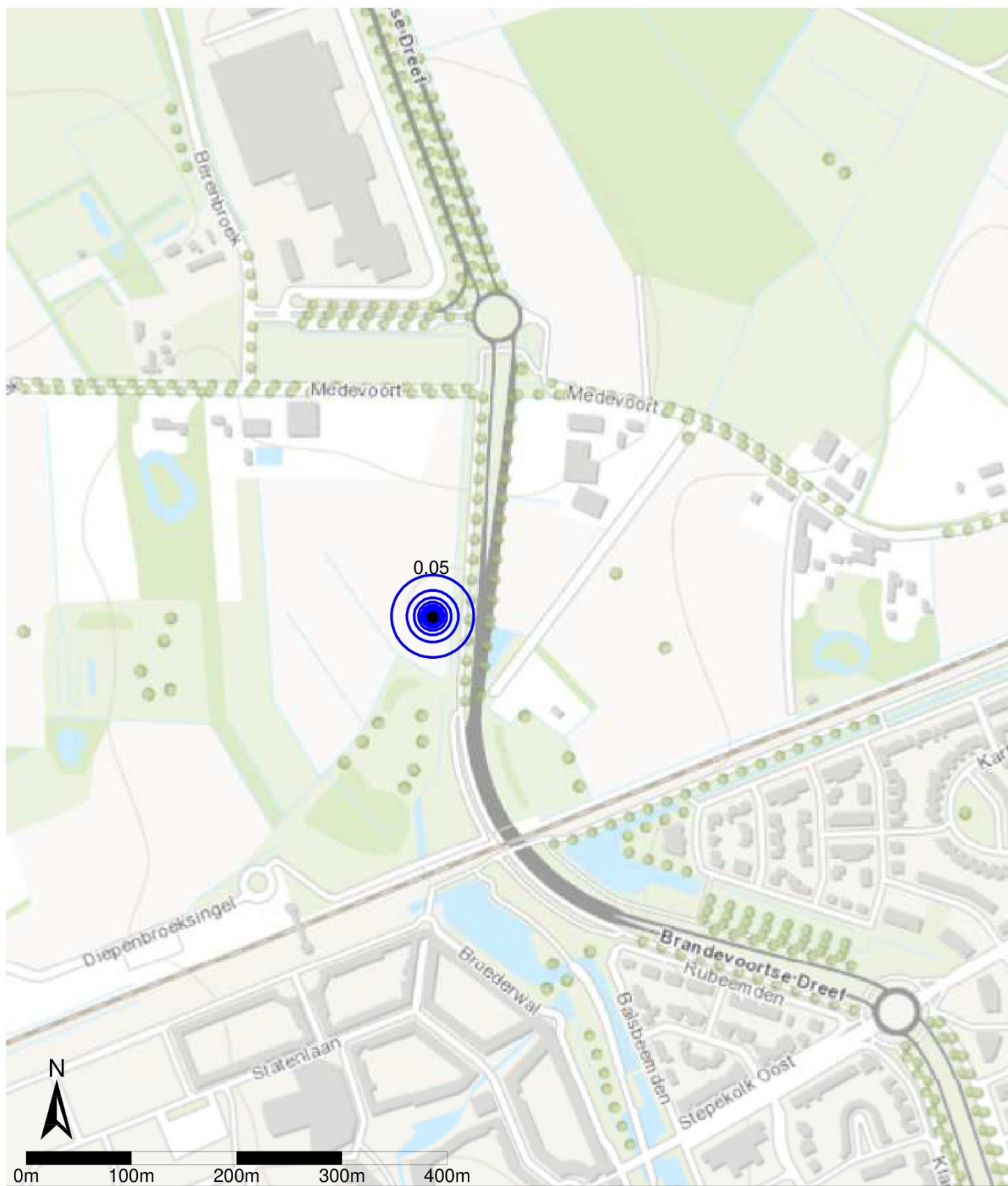
Figuur: 2.2

Datum: 17-04-2013

Referentie: 62224/BG

Auteur:





Project: Energieopslag Carolus Borromeus College te Helmond

Onderwerp: Berekende stijghoogteveranderingen in het opslagpakket [m].

Figuur: 3.1

Datum: 18-04-2013

Referentie: 62224/BG

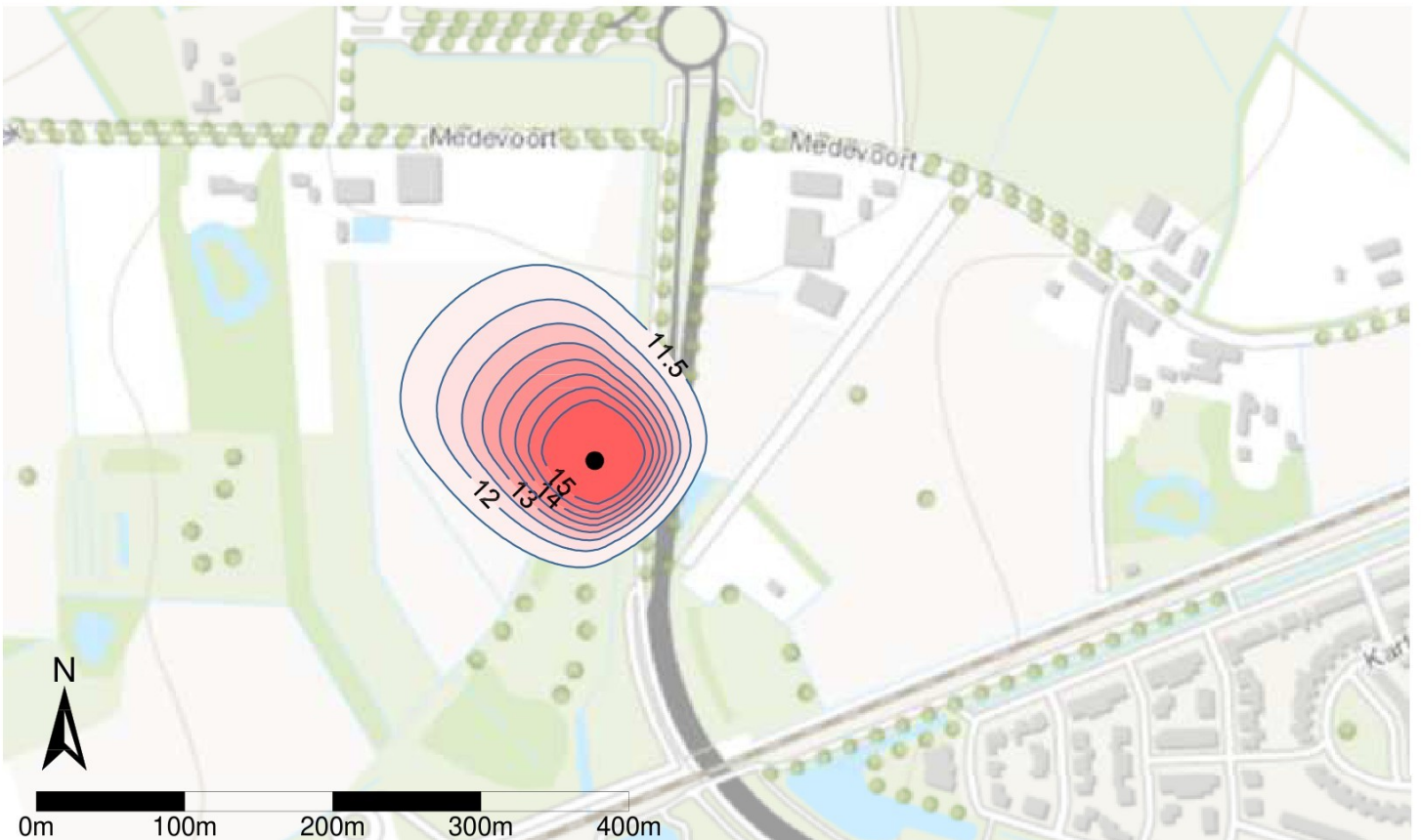
Auteur: [Redacted]



koud bronfilter (einde winter)



warm bronfilter (einde zomer)



Project: Energieopslag Carolus Borromeus College te Helmond

Onderwerp: Berekende temperaturen in het opslagpakket na 20 jaar energieopslag [°C].

Figuur: 3.2

Datum: 18-04-2013

Referentie: 62224/BG

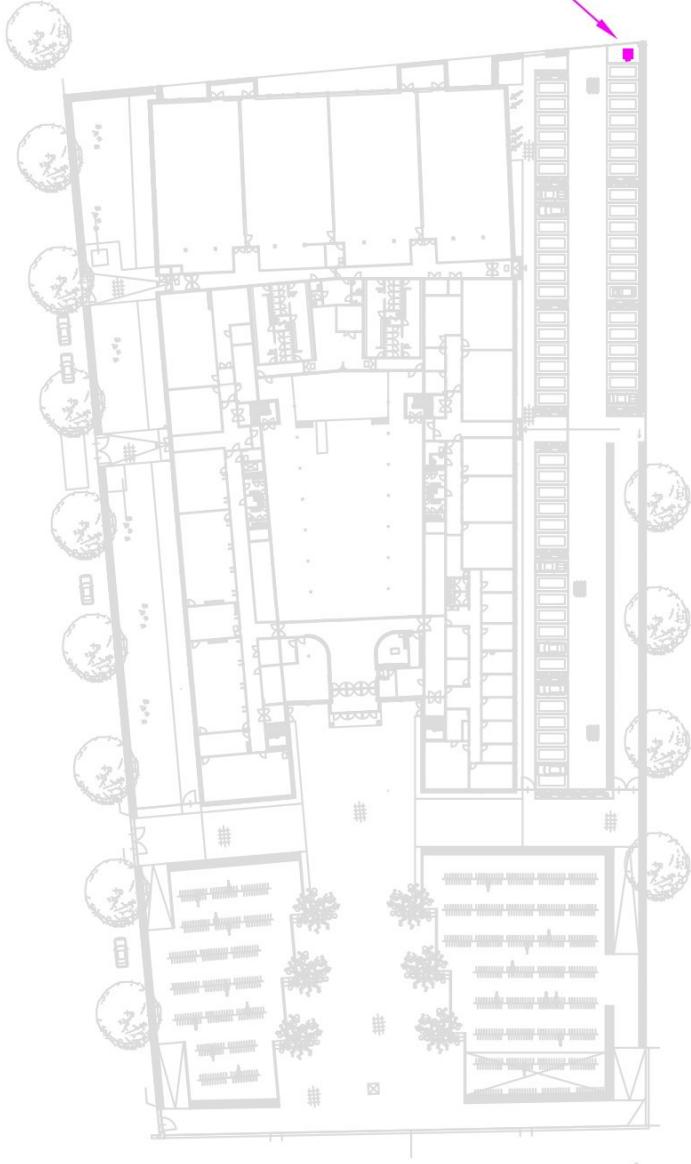
Auteur: [Redacted]



BIJLAGE 1


Kaart met bronlocatie

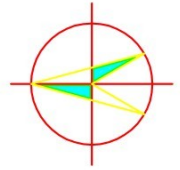
Diepenbroekcingel



Bronlocatie

Brandevoortse Dreef

Project	Carolus Borromeus College					
Omschrijving	bronlocatie				<small>Deze tekening blijft eigendom van GeoComfort en mag zonder schriftelijk toestemming niet gekopieerd worden of aan derden ter inzage worden gegeven, noch i.b.v. derden worden gebruikt.</small> <small>Dorpsstraat 30 7224 SP Wichmond Tel: 0575 441186 Fax: 0575 431189 geocomfort@geocomfort.nl</small>	
Schaal	: n.v.t	Gewijzigd	Getek.	Omschrijving	Tekeningnr.	Revisient.
Datum	: 14-03-2013	1			2030-9	0
Getekend		2			projectnr.	
Gezien		3			A4 2030	
Datum Gezien		4				
Revisiedatum		5				




BIJLAGE 2

Berekening van de eindzetting

Zettingsberekening

Versie 29 september 2004

Berekening van eindzetting volgens de methode van Koppejan (combinatie van Terzaghi en Keveling Buisman)

	Projectnaam:	Carolus Borromeus College te Helmond
	Projectnummer:	62224
	Datum berekening:	18-4-2013
	Rapport:	Effectenstudie
	Bijlage:	2
	Specialist	

Gebruikte formule van Terzaghi:

$$z = \frac{D}{C} \ln \frac{\sigma_k + \Delta\sigma_k}{\sigma_k}$$

GLG: 2,4 m-mv

Materiaal	[m-mv] diepte	[m] Dikte	ΔH	C_p	C_s	C_{onein}	[kg/m ³] ρ	[N/m ²] σ_k	[N/m ²] $\Delta\sigma_k$	[mm] Z
	0									
Onverz. zone		2,4	0	0	-	-	1600	-		0
	2,4									
Zand		0,1	0,01	200	1,00E+99	200	2000	38160,9	98,1	0
	2,5									
Zand		27,5	0,05	600	1,00E+99	600	2000	173538,9	490,5	0
	30									
Zand		10	1,5	1000	1,00E+99	1000	2000	357476,4	14715	0
	40									
Zand		20	0,004	1000	1,00E+99	1000	2000	504626,4	39,24	0
	60									
Zand		10	1,5	1000	1,00E+99	1000	2000	651776,4	14715	0
	70									
Zand		10	0,15	1000	1,00E+99	1000	2000	749876,4	1471,5	0
	80									

Verklaring van de parameters:

symbolen	verklaring	eenheid
D	= Dikte	[m]
ΔH	= Stijghoogteverandering	[m]
C_p	= Primaire zettingsconstante	[-]
C_s	= Seculaire zettingsconstante	[-]
C_{onein}	= Totale zettingsconstante	[-]
ρ	= Bulkdichtheid	[kg/m ³]
σ_k	= Korrelspanning	[N/m ²]
$\Delta\sigma_k$	= Verandering korrelspanning	[N/m ²]
Z	= Zetting	[mm]
GLG	= Gemiddelde laagste grondwaterstand	[m-mv]

Totale zetting [mm] 0