

Ebbingekwartier Fase 2 Groningen

Effectenstudie open bodemenergiesysteem





Datum 9 augustus 2021

Referentie 69413/HeM/20210809

Betreft Effectenstudie open bodemenergiesysteem Ebbingekwartier Fase 2 Groningen

Behandeld door [REDACTED]

Gecontroleerd door [REDACTED]

Versienummer Definitief

VERGUNNINGAANVRAGER

WarmteStad
Griffeweg 99
9723 DV Groningen
[REDACTED]

ADVISEUR BODEMENERGIE

IF Technology bv
[REDACTED]
Postbus 605
6800 AP Arnhem
T [REDACTED]
E [REDACTED]@iftechnology.nl

Dit document is uitsluitend opgesteld als onderbouwing voor de aanvraag van de vergunning in het kader van de Waterwet. Dit document is geen ontwerpdokument voor het open bodemenergiesysteem als benoemd in BRL 11000 protocol 11001.

Samenvatting

Inleiding

Het voornemen bestaat om gebruik te maken van een open bodemenergiesysteem voor de duurzame koeling en verwarming van de nieuwbouwwontwikkelingen in het Ebbingekwartier in Groningen.

Bodemenergie

De acht bronnen van het open bodemenergiesysteem zijn beoogd in het gecombineerde 2^e/3^e waternvervoerend pakket in het traject van 65 - 165 m-mv. Het systeem onttrekt en infiltreert maximaal 4.000.000 m³/jaar met een maximaal debiet van 800 m³/uur.

Hydrologische effecten

Het berekende hydrologische invloedsgebied reikt tot maximaal 2.050 m van de bronnen. De maximale grondwaterstand- en stijghoogteverandering bedraagt 0,05 m en 3,43 m. Negatieve hydrologische invloed op andere grondwatergebruikers en overige belanghebbenden is niet aan de orde.

Hydrothermische effecten

Beïnvloeding van de grondwatertemperatuur kan na 20 jaar energieopslag optreden tot maximaal 180 m van de bronnen. De veroorzaakte temperatuurveranderingen hebben geen nadelige gevolgen voor andere grondwatergebruikers en overige belanghebbenden.

Grondmechanische effecten

De berekende maximale totaalzetting bedraagt 9 mm. Deze geringe zetting en het daarmee gepaard gaande zettingsverhang (1 m per 12.250 m) veroorzaken geen schade aan gebouwen, funderingen, de nabijgelegen spoorbaan, waterkering of wegen.

Effecten op de grondwaterkwaliteit

Er vindt naar verwachting in geringe mate menging plaats van brak en zout grondwater. Omdat het grondwater niet geschikt is voor de bereiding van drinkwater heeft dit geen negatief effect. Bij dit project vinden geen significante effecten plaats op de chemische en microbiologische samenstelling van het grondwater. De verontreinigingssituatie in de omgeving van de projectlocatie wordt niet beïnvloed.

INHOUDSOPGAVE

1 Inleiding	5
2 Systeembeschrijving	6
2.1 Uitgangspunten	6
2.2 Opzet open bodemenergiesysteem	7
3 Geohydrologie en effectberekeningen	8
3.1 Bodemopbouw	8
3.2 Geohydrologische kenmerken	8
3.3 Hydrologische effecten	9
3.4 Hydrothermische effecten	10
3.5 Grondmechanische effecten	11
4 Invloed op de omgeving	13
4.1 Grondwaterkwaliteit	13
4.2 Verzilting	13
4.3 Verontreinigingen	13
4.4 Grondwatergebruikers	14
4.5 Gesloten bodemenergiesystemen	16
4.6 Bodemenergieplan	16
4.7 Grondwaterbescherming	16
4.8 Bebouwing en infrastructuur	16
4.9 Natuur en openbaar groen	17
4.10 Cultuurhistorie en archeologische waarden	17

Figuren

2.1 Principeschema van het open bodemenergiesysteem
2.2 Overzichtskaart met bronlocaties
3.1 Berekende grondwaterstandveranderingen
3.2 Berekende stijghoogteveranderingen in het opslagpakket
3.3 Berekende temperaturen in het opslagpakket
4.1 Berekende cumulatieve stijghoogteveranderingen in het opslagpakket
4.2 Berekende cumulatieve temperaturen in het opslagpakket

Bijlagen

1	Boorbeschrijving van de bronnen van het bodemenergiesysteem Ebbingekwartier Fase 1
2	Berekening van de maximale totaalzetting

1 Inleiding

Het voornemen bestaat om gebruik te maken van een open bodemenergiesysteem voor de duurzame klimatisering van de ontwikkelingen die plaatsvinden op het Ebbingekwartier. Het Ebbingekwartier is gelegen op het voormalige CiBoGa terrein in Groningen.

Voor het Ebbingekwartier is reeds een open bodemenergiesysteem gerealiseerd om de bestaande bouw van warmte en koude te voorzien. De ambitie bestaat om tevens de toekomstige ontwikkelingen in het Ebbingekwartier te voorzien van warmte en koude middels een open bodemenergiesysteem. De effecten van het bodemenergiesysteem voor Ebbingekwartier Fase 2 worden inzichtelijk gemaakt in onderhavig effectenstudie. De capaciteit van het bestaande doublet op het Ebbingekwartier wordt uitgebreid en vanwege de toegankelijkheid wordt de bestaande koude bron verplaatst. Hiervoor wordt, los van deze aanvraag, een wijziging van de vergunning aangevraagd. In onderhavige effectenstudie wordt rekening gehouden met de voorgenomen wijzigingen van het bestaande bodemenergiesysteem.

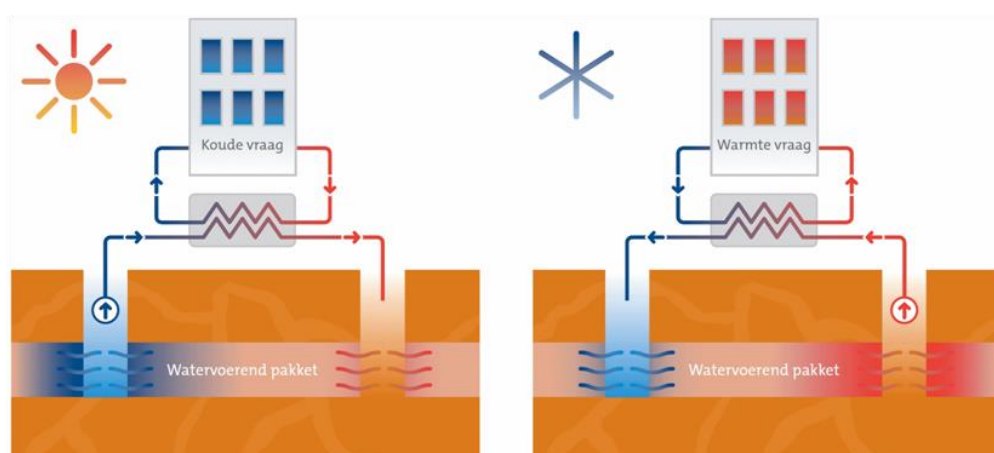
Het onttrekken en infiltreren van grondwater ten behoeve van het open bodemenergiesysteem is in het kader van de Waterwet vergunningplichtig. De provincie is bevoegd gezag. De aanvraag dient voorzien te zijn van een studie naar de effecten van het bodemenergiesysteem en de invloed hiervan op de omgeving. Deze studie dient te voldoen aan de eisen die zijn opgenomen in de BRL SIKB 11000, protocol 11001 (versie 2.0) Ontwerp, realisatie en beheer van het ondergrondse deel van installaties voor bodemenergie (hoofdstuk 4.6).

De voorliggende effectenstudie geeft een overzicht van de effecten van het open bodemenergiesysteem op de bodem, het grondwater en de omgeving.

2 Systeembeschrijving

2.1 UITGANGSPUNTEN

Om lange termijn energieopslag in de bodem mogelijk te maken, wordt een grondwatersysteem aangelegd. Het grondwatersysteem bestaat uit vier koude en vier warme bronnen (vier doubletten) waarmee grondwater aan de bodem kan worden onttrokken en geïnfiltrerd (zie Figuur 2.1).



Figuur 2.1 | Principeschema open bodemenergie

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

Tabel 2.1 | Uitgangspunten open bodemenergiesysteem t.b.v. de vergunningaanvraag Waterwet

parameter	eenheid	winter	zomer
maximaal te verpompen waterhoeveelheid ^a	[m ³ /seizoen]	2.000.000	2.000.000
gemiddeld te verpompen waterhoeveelheid	[m ³ /seizoen]	1.600.000	1.600.000
maximaal debiet	[m ³ /uur]	800	800
maximale hoeveelheid ontwikkelwater ^b	[m ³]		64.000
maximale spuihoeveelheid ^b	[m ³ /jaar]		6.400
gemiddelde infiltratietemperatuur	[°C]	7	17
minimale/maximale infiltratietemperatuur	[°C]	5	25
gemiddeld verplaatste energiehoeveelheid	[MWh _t /seizoen]	9.280	9.280

^a Tijdens opstartjaar of extreme seizoenen

^b Zie toelichting in onderstaande tekst

Ontwikkelen bronnen

Nadat een bron geboord is, het filter en de peilbuizen zijn ingebouwd en het boorgat is aangevuld, wordt de bron ontwikkeld. Doel van het ontwikkelen is het schoonmaken van de bron. Hierbij wordt de verstopping op de boorgatwand, die bij het boren is ontstaan, zo goed mogelijk verwijderd door het schoonpompen van de bron.

Tijdens dit proces wordt grondwater (ontwikkelwater) onttrokken en geloosd. Het grondwater wordt onttrokken met een maximaal debiet van 100 tot 130% van het ontwerpdebiet, in dit geval 200 tot 260 m³/uur/bron. Met dit maximale debiet wordt slechts gedurende korte tijd (maximaal 15 minuten) gepompt tijdens de laatste fase van het ontwikkelen. Per bron wordt totaal maximaal 8.000 m³ grondwater onttrokken in een periode van ongeveer twee weken. Voor het ontwikkelen van de acht beoogde bronnen wordt in totaal maximaal 64.000 m³ grondwater onttrokken en geloosd. De bronnen worden één voor één ontwikkeld waardoor het grondwater gefaseerd wordt onttrokken.

Omdat het hier zout grondwater betreft is lozen op oppervlaktewater waarschijnlijk geen optie. De lozing wordt daarom uitgevoerd op het (vuilwater)riool. Toestemming voor lozen op het riool wordt in een later stadium van het project aangevraagd bij de gemeente.

Spuihoeveelheid

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 wordt niet meer dan 6.400 m³ grondwater gespuid. Op dit moment is nog niet bekend hoe het spuiwater geloosd zal worden of dat er gebruik gemaakt wordt van een onderhoudsfilter. In geval van lozen wordt toestemming voor de lozing op het riool of oppervlaktewater in een later stadium van het project aangevraagd bij de gemeente of het waterschap.

2.2

OPZET OPEN BODEMENERGIESYSTEEM

Het grondwatersysteem bestaat uit vier dubletten. De locaties van de bronnen zijn weergegeven in Figuur 2.2 en Tabel 2.2. In Tabel 2.2 is de opzet van het bronsysteem beschreven.

Tabel 2.2 | Opzet bronsysteem

parameter	eenheid	waarde
filterdiepte	[m-mv]	65 - 165 (gecombineerde 2 ^e /3 ^e watervoerende pakket)
minimale lengte per bronfilter	[m]	35
afstand tussen koude en warme bron	[m]	155
RD coördinaten warme bron 1	[m]	X = 233.581 / Y = 583.018
RD coördinaten warme bron 2	[m]	X = 233.591 / Y = 582.867
RD coördinaten warme bron 3	[m]	X = 233.700 / Y = 582.840
RD coördinaten warme bron 4	[m]	X = 233.823 / Y = 582.715
RD coördinaten koude bron 1	[m]	X = 233.521 / Y = 582.726
RD coördinaten koude bron 2	[m]	X = 233.655 / Y = 582.575
RD coördinaten koude bron 3	[m]	X = 233.588 / Y = 582.652
RD coördinaten koude bron 4	[m]	X = 233.982 / Y = 582.848

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

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;
- Boorbeschrijving van de bronnen van het bodemenergiesysteem Ebbingekwartier Fase 1 (zie bijlage 1);
- Boorbeschrijvingen van omliggende bodemenergiesystemen.

Op basis van deze gegevens is de bodemopbouw geschematiseerd (Tabel 3.1).

Tabel 3.1 | Gehanteerde bodemopbouw

diepte [m-mv] ^a	lithologie	geohydrologische benaming	doorlaatvermogen of weerstand ^b [m ² /d] of [d]
0 - 5	klei	deklaag	500 d, 10 m ² /d
5 - 10	matig fijn zand	1 ^e watervoerende pakket	75 m ² /d
10 - 45	klei	1 ^e scheidende laag	3.000 d
45 - 165	matig fijn tot uiterst grof zand, naarmate de diepte toeneemt grotere kans op kleilagen en kleiige bijmenging	gecombineerde 2 ^e en 3 ^e watervoerende pakket	3.500 m ² /d
> 165	klei en fijn zand	hydrologische basis	∞

^a maaiveldhoogte: circa 1 m t.o.v. NAP

^b doorlaatvermogen: bepaald op basis van beschikbare informatie zoals pomp- en putproeven en korrelgroottes / gemiddelde weerstand: 100 d/m voor klei.

3.2 GEOHYDROLOGISCHE KENMERKEN

De laagste, gemiddelde en hoogste grondwaterstand en de stijghoogte in de watervoerende pakketten zijn weergegeven in Tabel 3.2.

Tabel 3.2 | Grondwaterstand en stijghoogte [m-mv]

	bron	laagste	gemiddelde	hoogste
grondwaterstand	peilbuis B07D0451 - 001	2,2	2,1	1,8
1 ^e watervoerende pakket	peilbuis B07D0451 - 002	2,1	1,9	1,7
2 ^e /3 ^e watervoerende pakket	peilbuis B07D0422 - 002	2,1	2,0	1,8

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]	< 5
grondwaterstroming opslagpakket (richting) ^a	[-]	oostelijk
grondwatertemperatuur (opslagpakket) ^b	[°C]	11
zoet-/brakgrensvlak (chloride 150 mg/l) ^c	[m-mv]	15
brak-/zoutgrensvlak (chloride 1.000 mg/l) ^c	[m-mv]	60

^a bron: gebaseerd op het isohypsenpatroon uit REGIS

^b bron: Database bodemtemperatuurprofielmetingen TNO en IF Technology

^c bron: Grondwaterkaart van Nederland

3.3 HYDROLOGISCHE EFFECTEN

Om de hydrologische effecten van het bodemenergiesysteem 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 schematisatie 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]
2,1 ^a	gesloten bovenrand	-	-
2,1 - 3	fictief freatisch watervoerend pakket	10 ^b	-
3 - 5	deklaag	-	500
5 - 10	1 ^e watervoerende pakket	75	-
10 - 45	1 ^e scheidende laag	-	3.000
45 - 65	2 ^e /3 ^e watervoerende pakket	800	-
65	fictieve scheidende laag	-	1 ^c
65 - 100	2 ^e /3 ^e watervoerende pakket (filter)	1.400	-
100	fictieve scheidende laag	-	6,5 ^c
100 - 165	2 ^e /3 ^e watervoerende pakket	1.300	-
165	hydrologische basis	-	∞

^a de gemiddelde grondwaterstand bedraagt circa 2,1 m-mv (zie Tabel 3.2)

^b geschat doorlaatvermogen van de deklaag

^c Voor de weerstand is uitgegaan van de weerstand als gevolg van de gelaagdheid van het pakket (anisotropie). De weerstand is berekend met de formule: $\frac{1}{2} \times \text{dikte laag boven dan wel onder het filtertraject} / \text{verticale doorlatendheid}$. Verticale doorlatendheid = horizontale doorlatendheid / 4 (anisotropiefactor van 4 aangenomen).

Oppervlaktewater

In de omgeving van de locatie is oppervlaktewater aanwezig. In het grondwatermodel is een gesloten bovenrand gedefinieerd. Dit is een worstcase benadering.

Schematisatie in tijd

Om de stijghoogte- en grondwaterstandveranderingen te berekenen is een berekening uitgevoerd waarbij het systeem gedurende een seizoen op maximaal debiet (800 m³/uur) draait. Aangezien het bodemenergiesysteem in de praktijk slechts gedurende een zekere periode op maximaal debiet draait, zijn de berekende grondwaterstandveranderingen een overschatting van de werkelijke optredende effecten.

Hydrologische effecten

In Tabel 3.5 zijn de berekende maximale hydrologische effecten weergegeven.

Tabel 3.5 | Maximale grondwaterstand- en stijghoogteveranderingen

watervoerende laag	eenheid	zomer- en wintersituatie
freatisch	[m]	0,05
1 ^e watervoerende pakket	[m]	0,07
2 ^e /3 ^e watervoerende pakket (opslagpakket)	[m]	3,43

De berekende maximale verandering van de grondwaterstand is maximaal 0,05 m. Derhalve is deze verandering niet in een figuur weergegeven. In de Figuren 3.1 en 3.2 zijn respectievelijk de berekende de stijghoogteveranderingen in het gecombineerde 2^e/3^e watervoerende pakket (opslagpakket) weergegeven.

Het hydrologische invloedsgebied is het gebied waarbinnen het effect van het bodemenergiesysteem op de stijghoogte groter dan 0,05 m is. De berekende grootte van de invloedsgebieden in de verschillende pakketten zijn in Tabel 3.6 vermeld.

Tabel 3.6 | Grootte invloedsgebieden

watervoerende laag	eenheid	zomer- en wintersituatie
freatisch	[m]	-
1 ^e watervoerende pakket	[m]	560
2 ^e /3 ^e watervoerende pakket (opslagpakket)	[m]	2.050

3.4 HYDROTHERMISCHE EFFECTEN

De berekeningen van de thermische effecten van het bodemenergiesysteem zijn uitgevoerd met het programma HstWin-3D. Met het programma HstWin-3D worden warmte- en stoftransport berekend in een verzadigd driedimensionaal grondwatersysteem.

De randvoorwaarden in het HstWin-3D-model zijn gebaseerd op de geohydrologische beschrijving in paragraaf 3.1. HstWin-3D simuleert de grondwaterstroming en het warmtetransport in meerdere lagen. In Tabel 3.7 zijn de belangrijkste geohydrologische en geothermische invoerparameters opgenomen die bij de berekeningen zijn gebruikt. De warmtegeleidingscoëfficiënten zijn ontleend aan de VDI 4640, Blatt 1/part 1. De warmtecapaciteit is bepaald met de methode van de Vries (1963), waarbij een porositeit van 35% is aangehouden.

Tabel 3.7 | Modelopbouw HST3D

diepte	hydrologische beschrijving	horizontale doorlatendheid	verticale anisotropie	warmtegeleiding-coëfficiënt	volumetrische warmtecapaciteit
[m-mv]		[m/d]	[-]	[W/(mK)]	[MJ/(m³K)]
0 - 5	deklaag	0,2	10	1,7	2
5 - 10	1 ^e watervoerende pakket	10	4	2,2	2
10 - 45	1 ^e scheidende laag	0,1	10	1,7	2
45 - 65	2 ^e /3 ^e watervoerende pakket boven filter	40	4	2,4	2
65 - 100	2 ^e /3 ^e watervoerende pakket filtertraject	40	4	2,4	2
100 - 165	2 ^e /3 ^e watervoerende pakket onder filter	40	4	2,4	2

In Tabel 3.8 is het onttrekking-/infiltratiepatroon weergegeven.

Tabel 3.8 | Onttrekking-/infiltratiepatroon

seizoen	bedrijfstoeestand	onttrekken uit	infiltreren in	waterhoeveelheid	infiltratietemperatuur
				[m³/seizoen]	[°C]
winter	warmtelevering	W	K	2.000.000	7
zomer	koudelevering	K	W	2.000.000	17

De berekende thermische effecten na 20 jaar energieopslag zijn weergegeven in Figuur 3.3. Het hydrothermische invloedsgebied is het gebied waarbinnen de temperatuur 0,5°C afwijkt van de natuurlijke grondwatertemperatuur ter hoogte van de gemodelleerde bronfilters op 65 m-mv (11°C). Het hydrothermische invloedsgebied van het bodemenergiesysteem reikt na 20 jaar tot maximaal 180 m van de bronnen.

3.5 GRONDMECHANISCHE EFFECTEN

De stijghoogteveranderingen als gevolg van het bodemenergiesysteem kunnen zetting veroorzaken. In welke mate deze zettingen daadwerkelijk optreden, hangt af van de zettingsgevoeligheid 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 Tabel 3.4. De zettingconstanten zijn ontleend aan NEN-blad 6740 - bladzijde 20. Via deze methode wordt een eindzetting berekend, dat wil zeggen een zetting die zal optreden bij een onttrekking van oneindig lange duur. Voor de eerste scheidende laag is een tijdsafhankelijke berekening van de zetting uitgevoerd, omdat deze laag het grootste aandeel in de totale zetting heeft. Aangezien de berekende stijghoogteveranderingen enigszins een overschatting zijn van de werkelijke effecten, is de berekende zetting eveneens in enige mate een overschatting van de werkelijk optredende zetting.

Voor het gebied direct naast de bronnen is een maximale totaalzetting van 9 mm berekend (zie bijlage 2). Het zettingsverhang bedraagt in de directe nabijheid van de bronnen (binnen 10 m rondom de bronnen) maximaal 1 m per 12.250 m. Aan de rand van het berekende hydrologische invloedsgebied bedraagt de berekende maximale totaalzetting 1 mm.

Op enkele meters van de bronnen W3, W4 en K4 bevindt zich een regionale waterkering rondom het Oosterhamrikkanaal. Ter hoogte van deze waterkering bedraagt de maximale totaalzetting circa 4 mm. Het zettingsverhang is maximaal 1 m per 25.000 m.

Op circa 1.450 m ten zuiden van het bodemenergiesysteem bevindt zich een spoorlijn. De maximale totaalzetting ter hoogte van het spoor bedraagt circa 1 mm. Het zettingsverhang is kleiner dan 1 m per 100.000 m.

4 Invloed op de omgeving

4.1 GRONDWATERKWALITEIT

Invloed van de temperatuur

Een verandering van de temperatuur van het grondwater kan de reactiesnelheid en daarmee het chemisch evenwicht van reacties veranderen. In het kader van het onderzoek Meer met Bodem-energie (zie Soilpedia.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 bodemenergie (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 wordt, is volledig kalkverzadigd en gereduceerd (ijzerhoudend, zuurstof- en nitraatloos). Nadelige effecten zijn dan ook niet te verwachten.

4.2 VERZILTING

Het opslagpakket bevat brak en zout grondwater. Dit grondwater is niet geschikt voor de bereiding van drinkwater. Aantasting van de drinkwaterreserves is bij dit project niet aan de orde.

Afhankelijk van de diepte waarop de bronfilters worden geplaatst treedt mogelijk enige menging van brak- en zout grondwater op. Deze menging blijft beperkt tot de directe omgeving van de bronnen.

4.3 VERONTREINIGINGEN

Binnen de grenzen van het Ebbingekwartier heeft vroeger een gasfabriek gestaan, rondom deze fabriek zijn verontreinigde stoffen in de bodem terecht gekomen.

Vanwege de ontwikkelingen in het van Ebbingekwartier hebben er diverse bodemonderzoeken plaatsgevonden in de directe omgeving van de bronnen. Bij deze onderzoeken zijn een tal van verhoogde stofgehalten waargenomen in de deklaag. Voor zover bekend hebben er zich geen verontreinigingen verspreid tot in het gecombineerde tweede en derde watervoerende pakket. De invloed van het beoogde systeem op de grondwaterstand en de stijghoogte in het eerste watervoerende

pakket is dusdanig klein dat eventuele oppervlakkige verontreinigingen niet beïnvloed worden door het beoogde bodemenergiesysteem.

Bij de realisatie van de bronnen en het leidingwerk dient rekening gehouden te worden met de aanwezigheid van ondiepe verontreinigingen. In BRL SIKB 2100 met bijbehorende Protocol 2101 Mechanisch boren is opgenomen hoe de aannemer dient om te gaan met eventuele verontreinigingen en welke veiligheidsmaatregelen genomen moeten worden. Dit om verspreiding van verontreinigingen tijdens het boren te voorkomen en veiligheidsrisico's te vermijden.

4.4 GRONDWATERGEBRUIKERS

Van de provincie is een overzicht ontvangen van grondwatergebruikers nabij het Ebbingekwartier. Op basis van dit overzicht zijn de grondwatergebruikers binnen en in de directe omgeving van het hydrologische invloedsgebied van het bodemenergiesysteem geïnventariseerd. Tabel 4.1 geeft een overzicht van de grondwatergebruikers.

Tabel 4.1 | Grondwatergebruikers nabij het Ebbingekwartier

bedrijfsnaam	afstand en richting t.o.v. project	watervoerend pakket	maximaal debiet	waterhoeveelheid
	[m]		[m ³ /uur]	[m ³ /jaar]
Ebbingekwartier Fase 1 (Bloemstraat)*	90 m ten zuidoosten	2/3	100/150	360.000/600.000
UMCG*	90 m ten zuidoosten	2/3	1.300/1.900	3.235.000/4.915.000
Gerechtsgebouw	330 ten zuidwesten	2/3	40	232.000
Provinciehuis	440 ten zuiden	2/3	125	350.000
Universiteitsbibliotheek	535 m ten zuiden	2/3	65	193.000
Forum	580 m ten zuiden	2/3	200	1.050.000
Stadhuis	630 m ten zuiden	2/3	50	150.400
Damsterplein	1.010 m ten zuiden	2/3	50	100.000
De Huismeesters	1.050 m ten noorden	2/3	n.b.	n.b.
Cascadecomplex	1.340 m ten zuiden	2/3	110	299.000
Triodos	1.420 m ten zuiden	2/3	20	n.b.

* Er zijn momenteel initiatieven om de bestaande vergunningen van het Ebbingekwartier Fase 1 (Bloemstraat) en het UMCG uit te breiden naar respectievelijk 150 m³/uur, 600.000 m³/jaar en 1.900 m³/uur en 4.915.000 m³/jaar. Met deze ontwikkelingen wordt rekening gehouden in deze effectenstudie

Uitbreiding UMCG

In 2009 is vergunning verleend voor een open bodemenergiesysteem voor het UMCG te groningen (164717, 10 juni 2009). Er is een vergunning verleend voor een capaciteit van 1.300 m³/uur en een waterverplaatsing van maximaal 3.235.000 m³/jaar middels zeven doubletsystemen. Momenteel zijn twee van de zeven doubletsystemen gerealiseerd. Het UMCG breidt zich in de komende jaren ten noorden van de bestaande bouw uit. Gezien de intentie bestaat om de reeds vergunde doubletten te gebruiken voor de bestaande bouw, zijn er voor de klimatisering van de geplande uitbreiding drie nieuwe doubletten benodigd. Hierdoor is het UMCG momenteel bezig de mogelijkheid tot uitbreiding van de huidige vergunning te onderzoeken. Het voornemen bestaat daarbij om de totale capaciteit te verhogen van 1.300 naar 1.900 m³/uur en de maximale waterverplaatsing van 3.235.000 naar 4.915.000 m³/jaar. Er komen hierbij géén bronnen te vervallen.

Hydrologische invloed bodemenergie

Binnen het berekende hydrologische invloedsgebied van het beoogde bodemenergiesysteem bevinden zich de bodemenergiesystemen uit Tabel 4.1. De berekende maximale stijghoogteverandering ter plaatse van de bronfilters van deze systemen is weergegeven in Tabel 4.2.

Tabel 4.2 | Maximale stijghoogteverandering omliggende systemen

bedrijfsnaam	maximale stijghoogteverandering
	[m]
Ebbingekwartier Fase 1 (Bloemstraat)	0,46
UMCG	0,17
Gerechtsgebouw	0,26
Provinciehuis	0,14
Forum	0,15
Stadhuis	0,15
Universiteitsbibliotheek	0,18
Damsterplein	0,08
Triodos	0,07
Cascadecomplex	0,08
De Huismeesters	0,11

Het systeem van Ebbingekwartier Fase 1 behoort tot dezelfde vergunninghouder als de beoogde vergunninghouder voor Ebbingekwartier Fase 2. Een onderlinge beïnvloeding van het eigen systeem kan daarom intern opgepakt worden. De maximaal optredende stijghoogteveranderingen op de overige systemen zijn dermate gering dat dit in de praktijk geen effect zal hebben op de bedrijfsvoering en het rendement van deze systemen.

Omdat met name het naastgelegen UMCG een groot systeem is, is een cumulatieve hydrologische berekening uitgevoerd met het Ebbingekwartier, Fase 1 en 2 en het UMCG, zie Figuur 4.1. Uit deze figuur is op te maken dat het hydrologische invloedsgebied afneemt wanneer ook het UMCG met uitbreiding in de modellering meegenomen wordt. De cumulatieve effecten op het grondwater en stijghoogtes in het eerste en gecombineerde tweede en derde watervoerende pakket ter plekke van de bronfilters van het beoogde open bodemenergiesysteem zijn weergegeven in Tabel 4.3.

Tabel 4.3 | Maximale grondwaterstand- en stijghoogteveranderingen

watervoerende laag	eenheid	zomer- en wintersituatie
freatisch	[m]	0,04
1 ^e watervoerende pakket	[m]	0,06
2 ^e /3 ^e watervoerende pakket (opslagpakket)	[m]	3,49

Thermische invloed bodemenergie

Binnen het berekende thermische invloedsgebied van het bodemenergiesysteem van het Ebbingekwartier Fase 2 is het bodemenergiesysteem van Ebbingekwartier Fase 1 en de beoogde uitbreiding van het UMCG aanwezig. In Figuur 4.2 zijn de thermische effecten weergegeven van de systemen van Ebbingekwartier Fase 1 en Fase 2 en het UMCG. De warme/koude bronnen van het Ebbingekwartier Fase 2 en de uitbreiding van het UMCG zijn dusdanig gepositioneerd dat deze

grenzen aan warme/koude bronnen van Ebbingekwartier Fase 1 en de reeds bestaande bronnen van het UMCG. Door deze positionering treedt er geen negatieve thermische interactie op.

Geconcludeerd wordt dat het opslagsysteem van het Ebbingekwartier Fase 2 geen thermische invloed heeft op de overige bodemenergiesystemen in de omgeving of andersom.

4.5 GESLOTEN BODEMENERGIESYSTEMEN

Van de Provincie is een overzicht ontvangen van gesloten bodemenergiesystemen binnen 1.000 m van het beoogde bodemenergiesysteem.

Conform de beslisbomen uit bijlage 4 van de BUM BE deel 1 is negatieve beïnvloeding van een gesloten bodemenergiesysteem mogelijk wanneer deze binnen het thermische invloedsgebied van een open bodemenergiesysteem ligt. Binnen het berekende thermische invloedsgebied (zie paragraaf 3.4) bevinden zich geen gesloten bodemenergiesystemen. Van negatieve beïnvloeding van gesloten bodemenergiesystemen is daarom geen sprake.

4.6 BODEMENERGIEPLAN

Voor het Ebbingekwartier is geen Bodemenergieplan opgesteld. Het gebied is wél aangewezen als interferentiegebied, hierdoor geldt er aanvullende regelgeving voor de toepassing van gesloten bodemenergiesystemen. Voor open bodemenergiesystemen is geen aanvullende regelgeving van toepassing.

4.7 GRONDWATERBESCHERMING

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

4.8 BEBOUWING EN INFRASTRUCTUUR

De berekende grondwaterstandveranderingen zijn gering (maximaal 0,05 m). Van grondwateroverlast en langdurige grondwaterstandverlaging is dan ook geen sprake. De optredende stijghoogteveranderingen kunnen van invloed zijn op bestaande bebouwing en infrastructuur via zettingen.

Zettingen

In de Nederlandse Norm voor Geotechniek ontwerp (NEN-EN 1997-1+C1+A1, Eurocode 7) zijn normen opgenomen om een ongewenst verlies aan bruikbaarheid, schade of hoge onderhoudskosten aan infrastructuur en constructies te voorkomen.

Volgens deze NEN-norm kan verlies van bruikbaarheid optreden wanneer de zetting groter is dan 50 mm en het zettingsverhang (rotatie) groter is dan 1:500. Bij de aanwezigheid van ondiepe zettingsgevoelige 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, kunnen effecten van betekenis optreden (Krachtwerktuigen en IF Technology, 1992).

ProRail hanteert een maximaal zettingsverhang van 1 m per 1.000 m (6 mm per spoorstaaf van 6 m).

Invloed bodemenergie

De berekende maximale eindzetting van 9 mm (zie paragraaf 3.5) en de daarmee gepaard gaande verschilzetting van 1 m per 12.250 m veroorzaakt geen schade aan gebouwen, funderingen, spoor, wegen of constructies.

De berekende maximale eindzetting ter hoogte van het spoor van 1 mm (zie hoofdstuk 3.5). De daarmee gepaard gaande verschilzetting is kleiner dan 1 m per 100.000 m. Dit veroorzaakt geen schade aan het spoor.

4.9 NATUUR EN OPENBAAR GROEN

De invloed op de grondwaterstand (paragraaf 3.3) is gering (maximaal 0,05 m) waardoor het bodemenergiesysteem geen nadelige invloed heeft op natuurwaarden. In het hydrologisch invloedsgebied van het beoogde open bodemenergiesysteem bevindt zich geen beschermde natuur (zoals Vogel- en Habitatrichtlijngebieden, Natuurbeschermingswetgebieden, Natuurnetwerk Nederland of ecologische beschermingszones).

4.10 CULTUURHISTORIE EN ARCHEOLOGISCHE WAARDEN

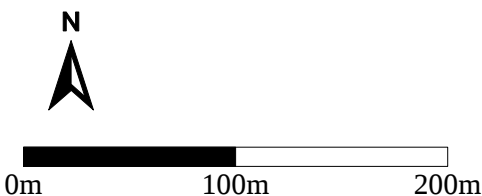
Het Ebbingekwartier heeft de waarde 'Cultuurhistorie' toegewezen gekregen van de gemeente Groningen. Dit houdt in dat het gebied in het Ebbingekwartier is bestemd voor het behoud van het bestaande gebouwde erfgoed. Het realiseren en in gebruik hebben van een open bodemenergiesysteem levert geen risico op voor het verliezen van het bestaande gebouwde erfgoed.

Het Ebbingekwartier is verder deels gelegen in een gebied met verhoogde archeologische waarde. Doordat de invloed op de grondwaterstand (zie paragraaf 3.3) gering is met maximaal 0,05 m, heeft dit geen invloed op eventueel aanwezige archeologische waarden in de ondiepe ondergrond.

Figuren



- Nieuwe warme bron
- Nieuwe koude bron
- ◆ Bestaande warme bron
- ◆ Bestaande koude bron
- ◆ Monobron
- ◆ Gesloten bodemenergiesysteem
- ◆ Beoogde warme bron
- ◆ Beoogde koude bron



Project: Bodemenergie Ebbingekwartier Fase 2

Datum: A: 2-4-2021
B:

Onderwerp: Overzichtskaart met bronlocaties

Figuur: 2.2

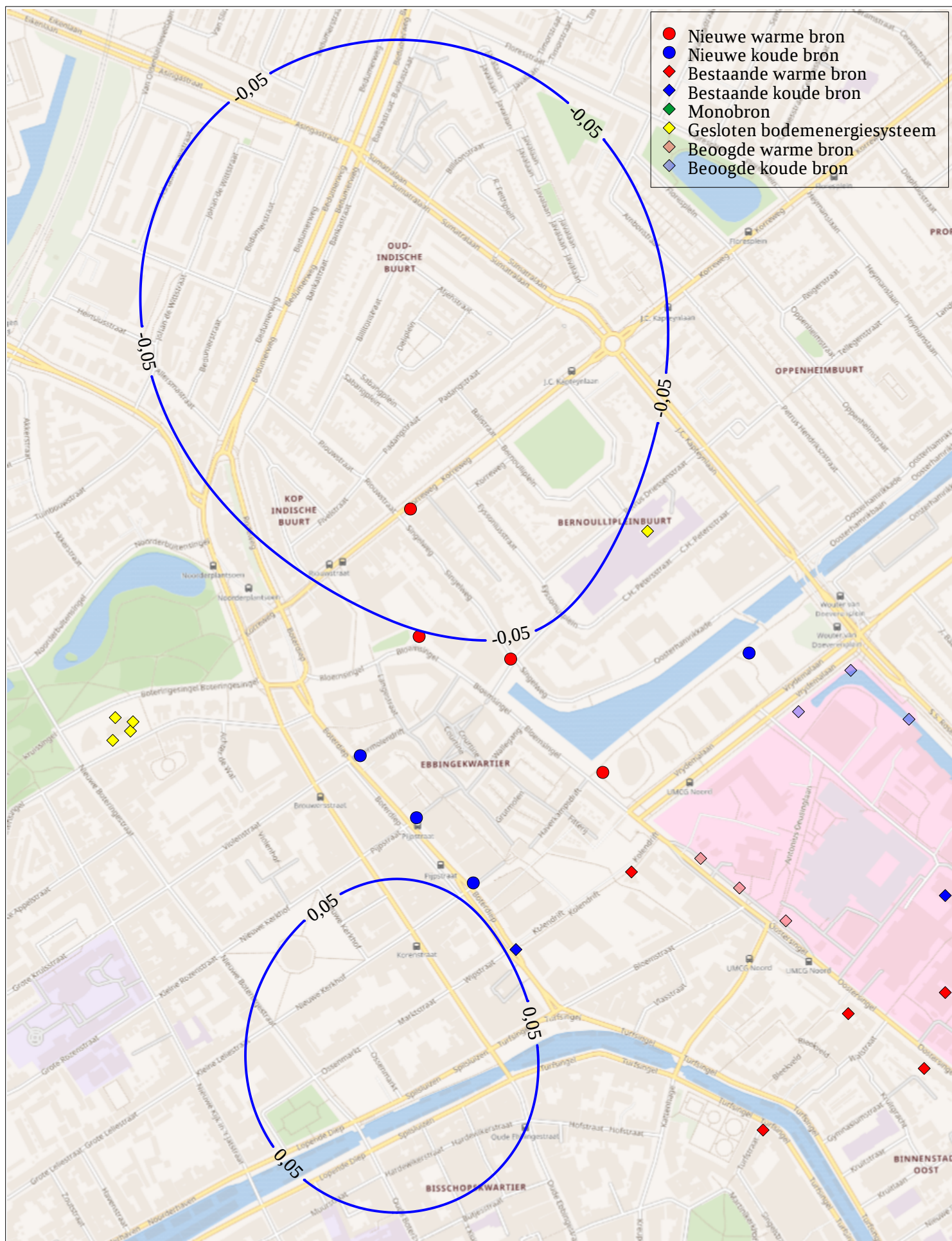
Stadium: effectenstudie

Referentie: 69413/

Getek.:

Form.: A4





0m 100m 200m 300m

Project: Bodemenergie Ebbingekwartier - Fase 2

Datum: A: 2-4-2021
B:

Onderwerp: Berekende maximale stijghoogteverandering
in het eerste watervoerende pakket [m]

Figuur: 3.1

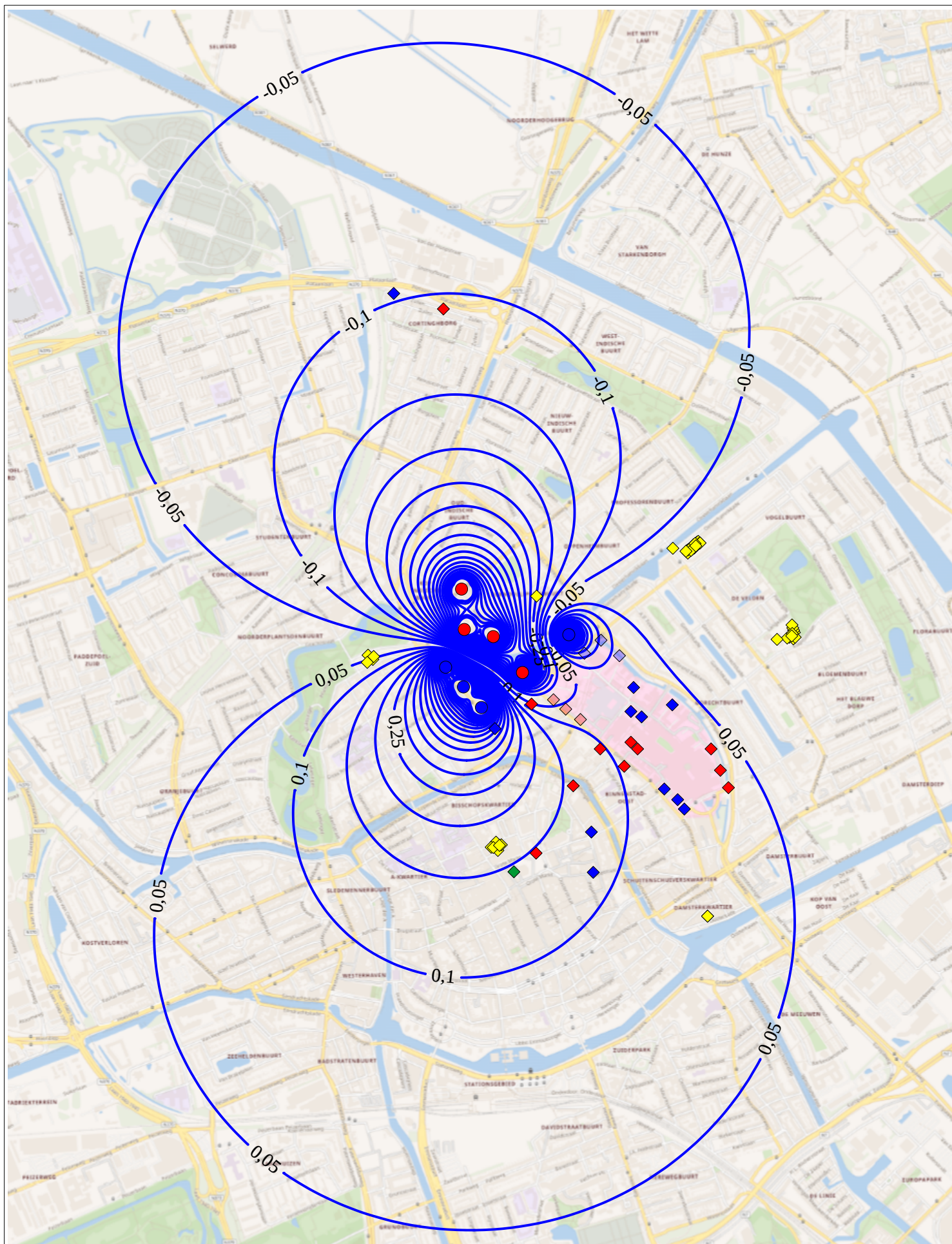
Stadium: effectenstudie

Referentie: 69413/

Getek.:

Form.: A4





0m 250m 500m 750m 1000m

Project: Bodemenergie Ebbingekwartier - Fase 2

Datum: A: 2-4-2021
B:

Onderwerp: Berekenende maximale stijghoogteverandering
in het opslagpakket [m]

Figuur: 3.2

Stadium: effectenstudie

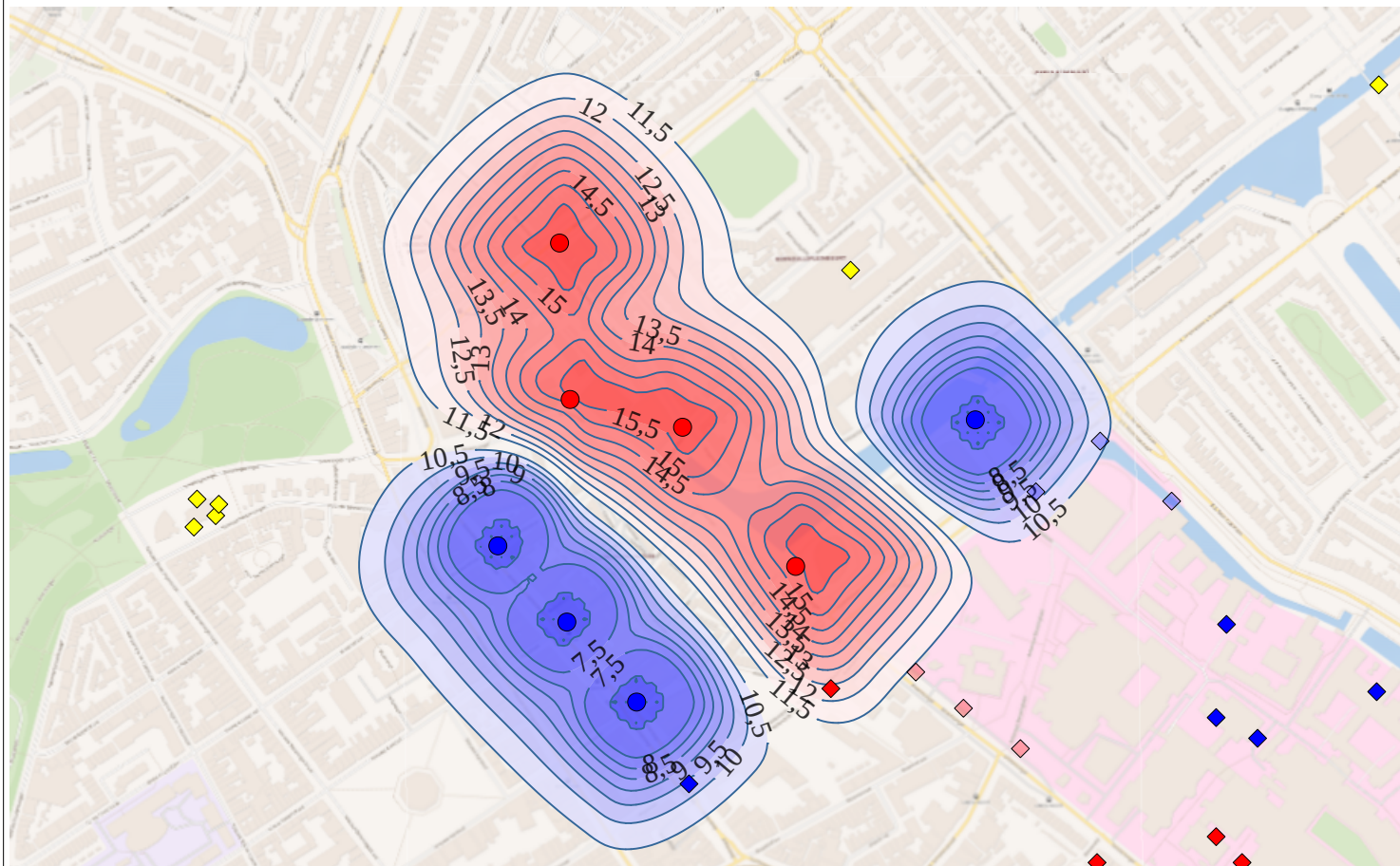
Referentie: 69413/

Getek.:

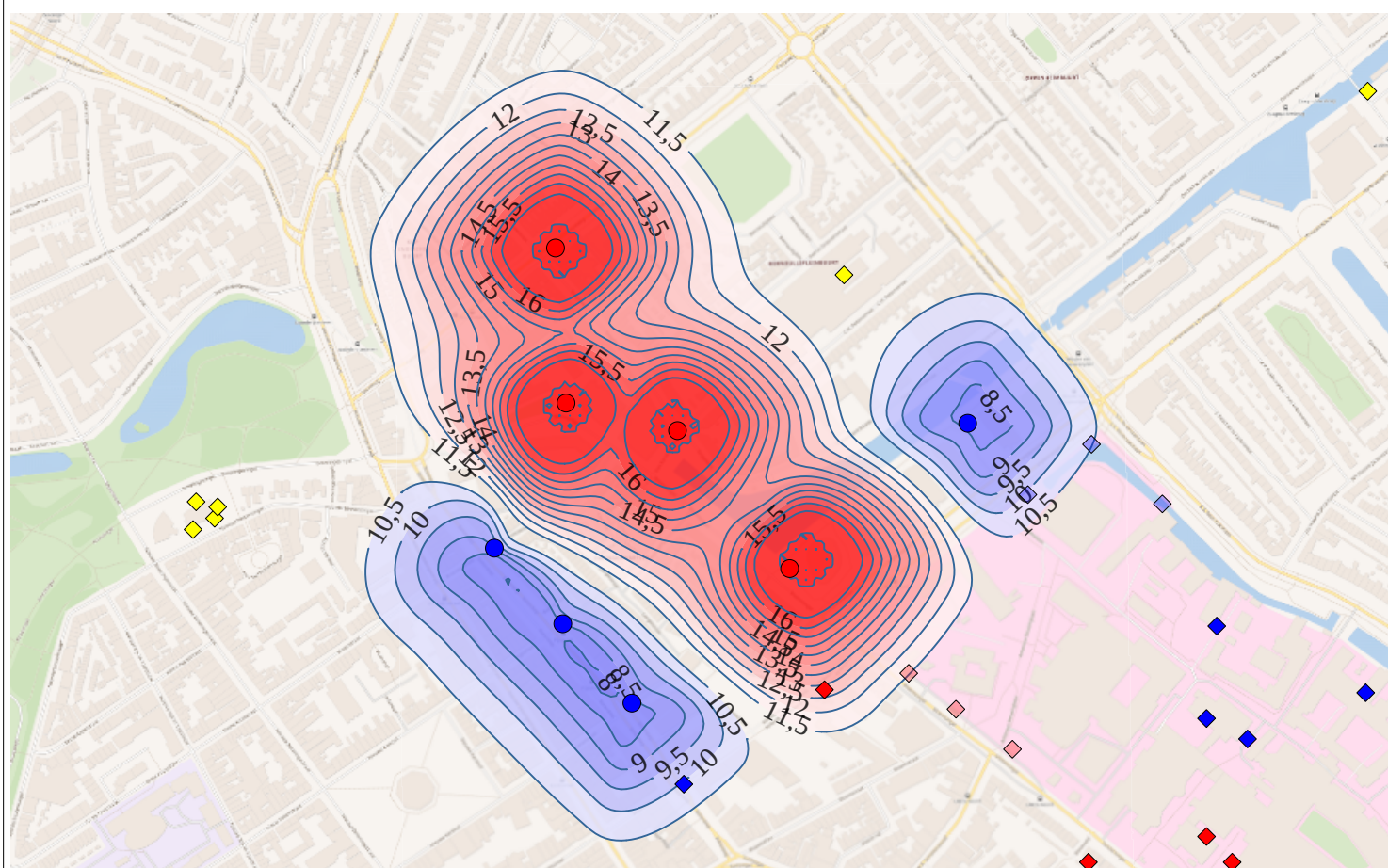
Form.: A4



situatie einde winter



situatie einde zomer



0m 200m 400m

Project: Bodemenergie Ebblingekwartier Fase 2

Datum: A: 2-4-2021
B:

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

Figuur: 3.3

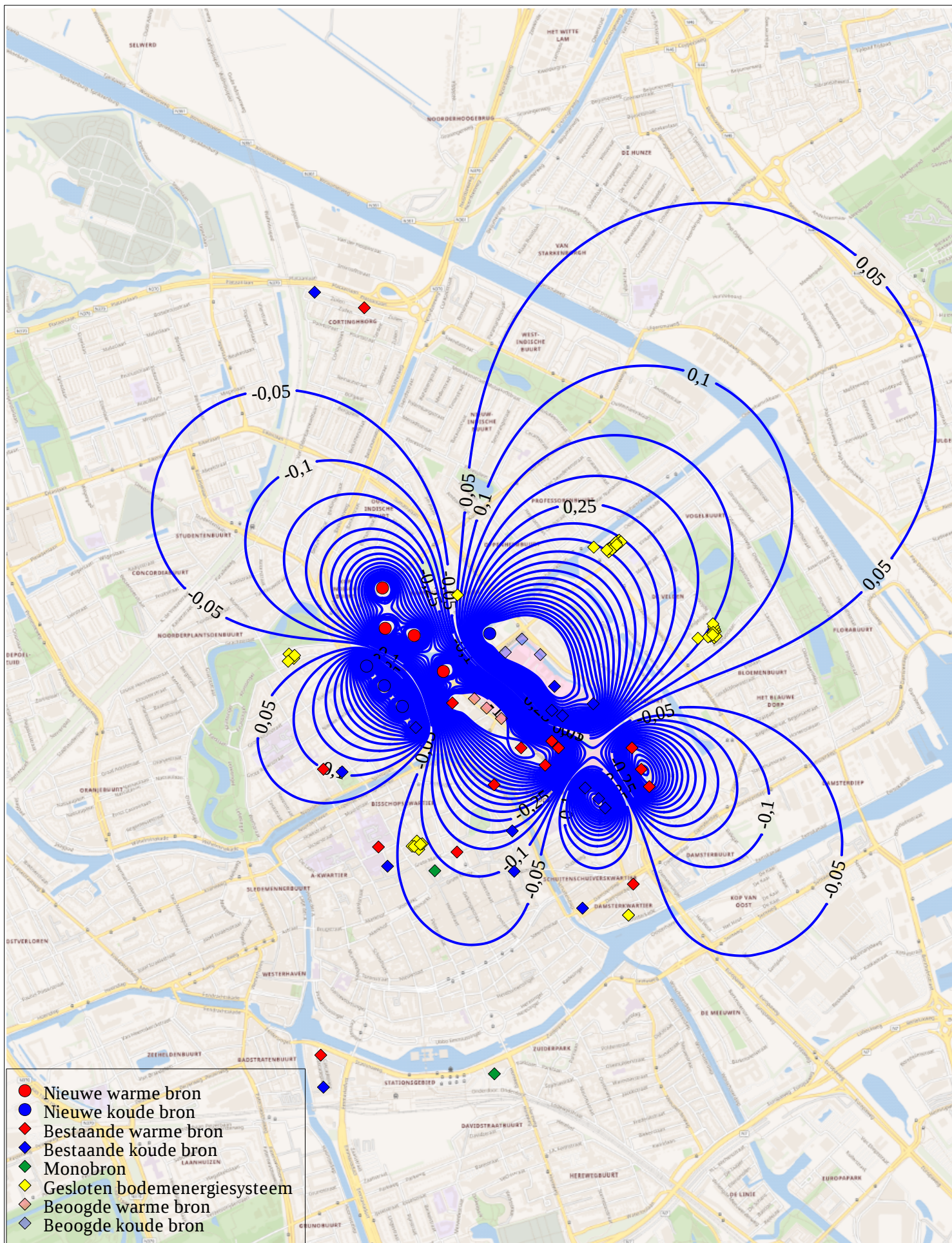
Stadium: effectenstudie

Referentie: 69413

Getek.:

Form.: A4





0m 250m 500m 750m 1000m

Project: Bodemenergie Ebbingekekwartier - Fase 2

Datum: A: 2-4-2021
B:

Onderwerp: Berekenende maximale stijghoogteverandering
Ebbingekekwartier en UMCG in het opslagpakket [m]

Figuur: 4.1

Stadium: effectenstudie

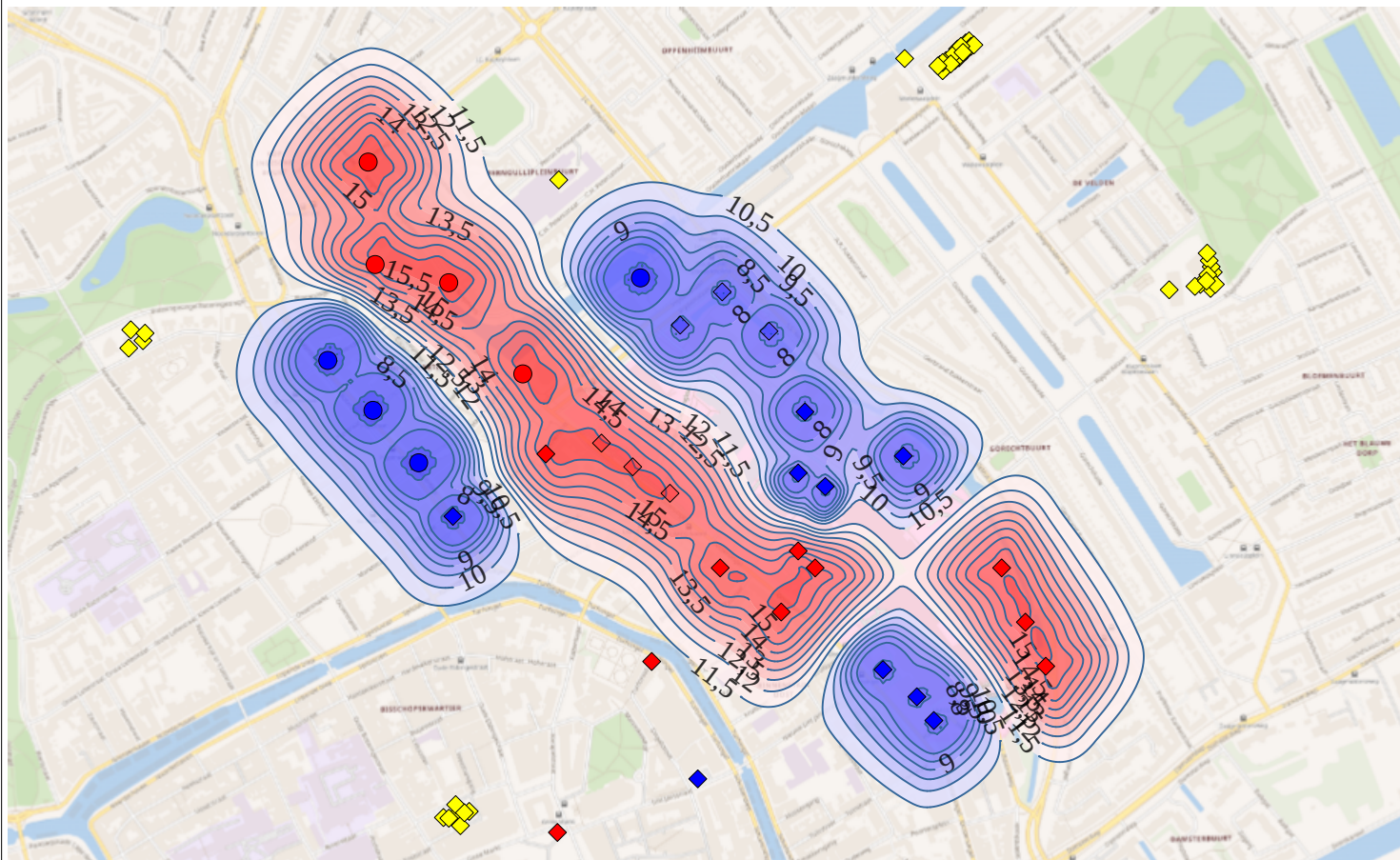
Referentie: 69413/

Getek.:

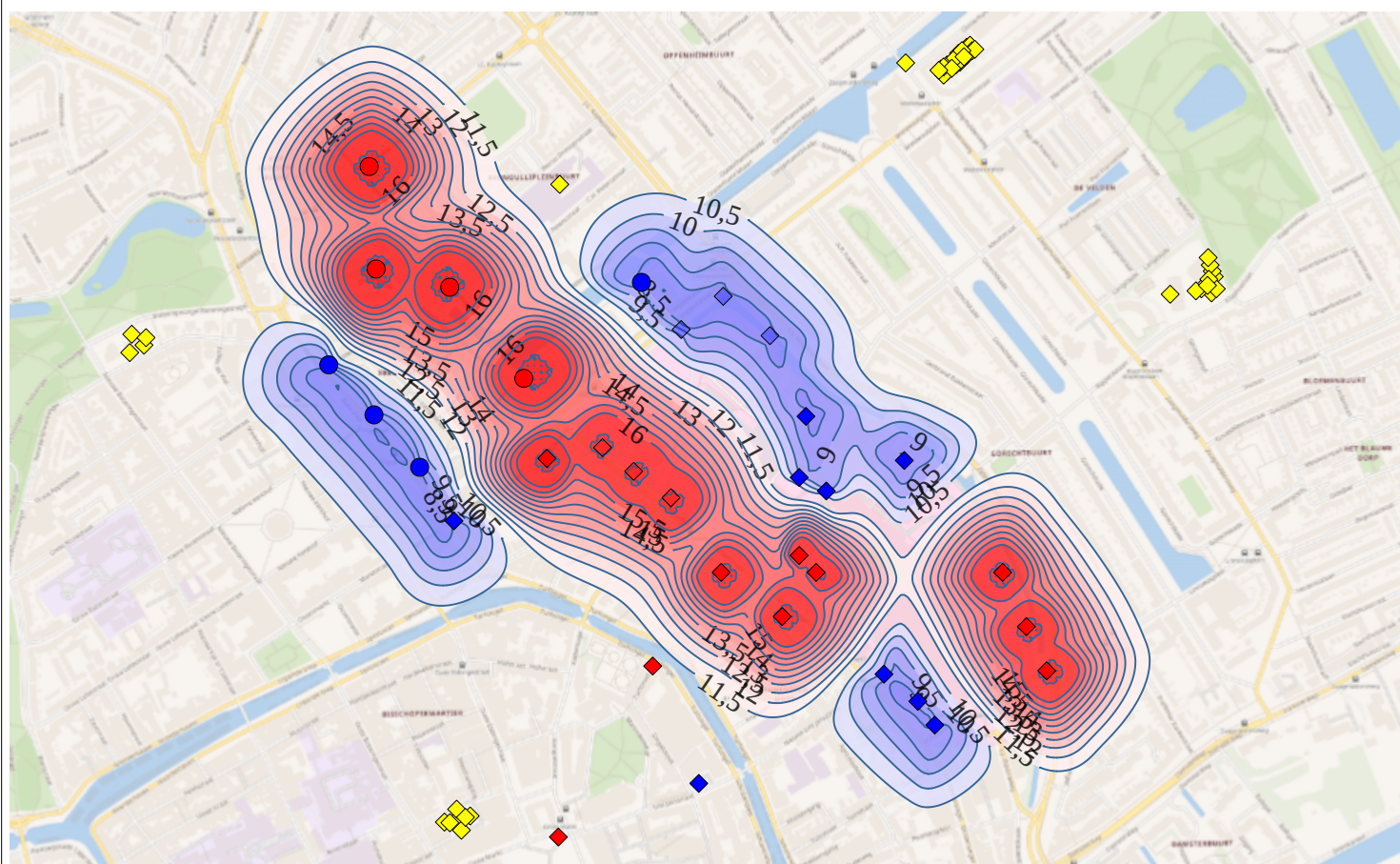
Form.: A4



situatie einde winter



situatie einde zomer



Project: Bodemenergie Ebblingekwartier Fase 2

Datum: A: 2-4-2021
B:

Onderwerp: Berekende temperaturen in het opslagpakket
in het jaar 2041 [°C]

Figuur: 4.2

Stadium: effectenstudie

Referentie: 69413/

Getek.:

Form.: A4



0m 200m 400m 600m

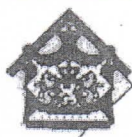
Bijlage 1

BOORBESCHRIJVING VAN DE BRONNEN VAN HET BODEMENERGIESYSTEEM VAN
EBBINGEKWARTIER FASE 1 (BLOEMSTRAAT)



grondboorbedrijf
haitjema b.v.

BIJ KONINKLIJKE BESCHIKKING HOFLEVERANCIER



watervoorziening - bodemonderzoek - bronbemaling

postbus 109
7700 ac dedemsvaart
internet: www.haitjema.nl

tel. (0523) 61 20 61
fax (0523) 61 59 50
e-mail: info@haitjema.nl

BOORPROFIEL

Boring	: W1	Projectnr.	: 2010-066-12
		Document	: RBP-2010-066-12-298951.doc
		Boringnummer	: 5344
Plaats	: GRONINGEN	Coördinaten	: 233.847/582.569
Locatie	: Bloemstraat / Bloemsingel	m.v. tov NAP	:
Uitvoeringsperiode	: 16-11 t/m 24-11-2010	Boormeester	: [REDACTED]
Boorsysteem/diam.	: Zuigboor/Luchtlift, 700/550	Einddiepte	: 105.00 m-m.v.
Opdrachtgever	: RENDO -		Ø700 mm van 0.00 - 30.00 m-m.v.
			Ø550 mm van 30.00 - einddiepte

Diepte in meters – maaiveld	Omschrijving grondlagen vlgs. NEN 5104	M-waarde (µm)
0.00 - 1.00	ZAND, matig fijn, grijs (opgebracht)	
1.00 - 3.00	KLEI, vast, donkergrijs	
3.00 - 4.00	ZAND, matig grof, geel/grijs, zwak humeus	230
4.00 - 9.00	ZAND, matig fijn, geel/grijs, zwak siltig	200
9.00 - 10.00	ZAND, matig fijn, grijs, matig siltig, kleibrokjes	200
10.00 - 12.00	KLEI, matig vast, donkergrijs, matig zandig	
12.00 - 15.00	GRIND, fijn tot matig grof, zwak zandig	
15.00 - 38.00	KLEI, zeer vast, donkergrijs/zwart (potklei)	
38.00 - 42.00	KLEI, zeer vast, donkergrijs, spoortje grind	
42.00 - 45.00	ZAND, matig grof, geel/grijs	
45.00 - 46.00	KLEI, matig vast, donkergrijs, zwak zandig	
46.00 - 48.00	ZAND, matig grof, grijs, houtresten	250
48.00 - 51.00	ZAND, matig grof, grijs	250
51.00 - 53.00	ZAND, matig grof, grijs	230
53.00 - 55.00	ZAND, matig grof, grijs	270
55.00 - 56.00	ZAND, matig grof, grijs	240
56.00 - 58.00	ZAND, matig grof, grijs	270
58.00 - 60.00	ZAND, zeer grof, grijs	350
60.00 - 62.00	ZAND, zeer grof, grijs, houtresten	350
62.00 - 65.00	ZAND, zeer grof, grijs	400
65.00 - 67.00	ZAND, uiterst grof, grijs, zwak grindig	600
67.00 - 68.00	ZAND, uiterst grof, grijs, matig grindig	600
68.00 - 69.00	ZAND, uiterst grof, grijs, zwak grindig	500
69.00 - 73.00	ZAND, uiterst grof, grijs, spoortje grind	450
73.00 - 77.00	ZAND, uiterst grof, grijs, matig grindig	600
77.00 - 78.00	ZAND, uiterst grof, grijs, zwak grindig, enkele kleibrokken (vast)	450
78.00 - 79.00	ZAND, uiterst grof, grijs, spoortje grind	450
79.00 - 80.00	ZAND, zeer grof, grijs	350
80.00 - 81.00	ZAND, zeer grof, grijs, veel houtresten, kleibrokjes	400

tel. (0523) 61 20 61
fax (0523) 61 59 50
e-mail: info@haitjema.nl

Projectnr. : 2010-066-12
Document : RBP-2010-066-12-298951.doc
Boringnummer : 5344

[illegible]



5.1 BOORPROFIEL

Boring : W (nieuw)

Plaats : GRONINGEN

Locatie : Guyotplein

Uitvoeringsperiode : 23-01 t/m 04-02-2002

Boorsyst./diam. : Zuigboor/Luchtlift, 700/600 mm

Opdrachtgever : Unica Installatietechniek B.V.

Service en Onderhoud

Projectnr. : 200114111

Document : BP200114111-DE_1

Boringnummer : 3188

Coördinaten : 233.425-582.325 (globaal)

m.v. tov NAP : 5.00 m + NAP

Boormeester : [REDACTED]

Einddiepte : 113.00 m-m.v.

ø 700 – 26.00 m

ø 600 – 113.00 m

Monsters vanaf 86.00 m-m.v. droog beschreven

Diepte in meters – maaiveld	Omschrijving grondlagen vlgs. NEN 5104	M-waarde
0.00 - 1.00	ZAND, matig grof, grijs/bruin, weinig puin	250
1.00 - 2.00	ZAND, matig grof, geel/grijs, zwak lemig	250
2.00 - 3.00	ZAND, zeer grof, geel/grijs, matig lemig, zwak grindig	300
3.00 - 5.50	ZAND, uiterst grof, geel, sterk grindig, zeer veel grote stenen	550
5.50 - 11.00	KLEI, zeer vast, licht-grijs	
11.00 - 19.00	KLEI, uiterst vast, donker-grijs, potklei	
19.00 - 26.00	ZAND, matig fijn, grijs	180
26.00 - 27.00	ZAND, matig fijn, grijs, matig kleiig	180
27.00 - 34.00	KLEI, zeer vast, donker-grijs	
34.00 - 35.00	KLEI, matig vast, grijs, sterk zandig	
35.00 - 44.00	KLEI, zeer vast, grijs	
44.00 - 45.00	KLEI, zeer vast, grijs, zwak zandig	
45.00 - 47.00	ZAND, zeer fijn, grijs	150
47.00 - 49.00	ZAND, matig fijn, grijs	180
49.00 - 56.00	ZAND, matig grof, grijs	220
56.00 - 57.00	ZAND, matig fijn, grijs, weinig kleibrokjes	200
57.00 - 60.00	ZAND, matig fijn, grijs	200
60.00 - 61.00	ZAND, matig grof, grijs	220
61.00 - 62.00	ZAND, matig grof, grijs	230
62.00 - 63.00	ZAND, matig grof, grijs	220
63.00 - 66.00	ZAND, matig fijn, grijs, zwak kleiig	200
66.00 - 67.00	KLEI, matig vast, grijs, zwak zandig	
67.00 - 70.00	ZAND, matig grof, grijs	250
70.00 - 71.00	ZAND, zeer grof, grijs, zwak grindig, weinig houtresten	380
71.00 - 72.00	ZAND, uiterst grof, grijs, matig sterk grindig	450
72.00 - 73.00	ZAND, uiterst grof, grijs, matig sterk grindig, zwak kleiig	450
73.00 - 76.00	ZAND, uiterst grof, grijs, sterk grindig	430
76.00 - 77.00	ZAND, uiterst grof, grijs, zwak grindig	430
77.00 - 78.00	ZAND, matig grof, grijs	220



5.1 BOORPROFIEL vervolg -1-

Boring : W (nieuw)

Projectnr. : 200114111
Document : BP200114111-DE_1
Boringnummer : 3188

Diepte in meters – maaiveld	Omschrijving grondlagen vlgs. NEN 5104	M-waarde
78.00 - 79.00	GRIND, zeer grof, grijs	
79.00 - 80.00	GRIND, zeer grof, grijs, matig veel kleibrokken, zwak zandig	
80.00 - 81.00	ZAND, zeer grof, grijs, matig grindig	330
81.00 - 82.00	ZAND, matig grof, grijs, zwak houtresten	220
82.00 - 83.00	ZAND, matig grof, grijs, zwak houtresten, weinig kleibrokjes	220
83.00 - 85.00	ZAND, matig grof, grijs, zwak houtresten	250
85.00 - 86.00	ZAND, matig grof, grijs, zwak houtresten	260
86.00 - 88.00	ZAND, matig grof, grijs, zwak houtresten	270
88.00 - 90.00	ZAND, zeer grof, grijs	340
90.00 - 91.00	ZAND, zeer grof, grijs	330
91.00 - 92.00	ZAND, matig grof, grijs, enkel grindje	260
92.00 - 93.00	ZAND, matig grof, grijs, zwak houtresten	230
93.00 - 94.00	ZAND, matig grof, grijs, zwak grindig	260
94.00 - 95.00	ZAND, zeer grof, grijs	350
95.00 - 96.00	ZAND, uiterst grof, grijs, zwak grindig	440
96.00 - 97.00	ZAND, zeer grof, grijs, enkel grindje	360
97.00 - 98.00	ZAND, uiterst grof, grijs	430
98.00 - 99.00	ZAND, uiterst grof, grijs, enkel grindje	470
99.00 - 100.00	ZAND, uiterst grof, grijs, zwak grindig	800
100.00 - 101.00	ZAND, uiterst grof, grijs	800
101.00 - 102.00	ZAND, matig grof, grijs, matig sterk kleiig, zwak grindig	230
102.00 - 103.00	ZAND, zeer grof, grijs, zwak grindig	350
103.00 - 104.00	ZAND, uiterst grof, grijs, sterk grindig	570
104.00 - 105.00	ZAND, uiterst grof, grijs, sterk grindig	440
105.00 - 106.00	ZAND, uiterst grof, grijs, sterk grindig	750
106.00 - 107.00	ZAND, uiterst grof, grijs, sterk grindig	700
107.00 - 108.00	ZAND, uiterst grof, grijs	460
108.00 - 109.00	ZAND, uiterst grof, grijs, enkel grindje	460
109.00 - 110.00	ZAND, uiterst grof, grijs, enkel grindje	550
110.00 - 111.00	ZAND, uiterst grof, grijs, enkel grindje	800
111.00 - 112.00	ZAND, uiterst grof, grijs, enkel grindje	750
112.00 - 113.00	ZAND, uiterst grof, grijs, enkel grindje	750

Bijlage 2

BEREKENING VAN DE MAXIMALE TOTAALZETTING

Zettingsberekening			Versie 29 september 2004
Berekening van eindzetting volgens de methode van Koppejan (combinatie van Terzaghi en Keverling Buisman)			
	Projectnaam:	Ebbingekwartier Fase 2	
	Projectnummer:	69413	
	Datum berekening:	2-4-2021	
	Boring:	...	
	Rapport:	Effectenstudie	
	Specialist:	SW	
	Opmerking(en):	...	

Gebruikte formule van Terzaghi:

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

GLG: 2,2 m-mv

Materiaal	[m-mv] diepte	[m] Dikte	ΔH	[-] C_p	[-] C_s	[-] C_{onein}	[kg/m3] ρ	[N/m²] σ_k	[N/m²] $\Delta \sigma_k$	[mm] Z
	0									
Onverz.zone		2,2	0,044	-	-	-	1800	-		0
	2,2									
Klei		2,8		20	240	15	1800	49834,8	578,79	2
	5									
Zand		5	0,074	600	1,00E+99	600	2000	85347	725,94	0
	10									
Klei		35		50	600	37,5	1800	247212	5218,92	4
	45									
Zand		20	0,99	600	1,00E+99	600	2000	482652	9711,9	1
	65									
Zand		35	3,43	1000	1,00E+99	1000	2100	769594,5	33648,3	1
	100									
Zand		65	0,664	1000	1,00E+99	1000	2100	1309144,5	6513,84	0
	165									

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/m³]
σ_k	= Korrelspanning	[N/m²]
$\Delta \sigma_k$	= Verandering korrelspanning	[N/m²]
Z	= Zetting	[mm]
GLG	= Gemiddelde laagste grondwaterstand	[m-mv]

Totale zetting [mm] 9

IF Technology **Creating energy**



Velperweg 37
6824 BE Arnhem
Postbus 605
6800 AP Arnhem

T 026 35 35 555
E info@iftechnology.nl
I www.iftechnology.nl

NL60 RABO 0383 9420 47
KvK Arnhem 09065422
BTW nr. NL801045599B01

IF Technology **Creating energy**