

Energienet Urk

Effectenstudie open bodemenergiesysteem



Datum 14 april 2025

Referentie PR10063/PW/20250414

Betreft Effectenstudie open bodemenergiesysteem Energienet Urk

Behandeld door [REDACTED]

Gecontroleerd door [REDACTED]

Versienummer 3

VERGUNNINGAANVRAGER

Gemeente Urk

[REDACTED]

Singel 9

Postbus 77

8320 AB Urk

T 0527 - 68 98 68

E [REDACTED]

ADVISEUR BODEMENERGIE

IF Technology bv

[REDACTED]

Postbus 605

6800 AP Arnhem

T [REDACTED]

E [REDACTED]

Dit document is uitsluitend opgesteld als onderbouwing voor de aanvraag van de vergunning in het kader van de Waterwet en maakt onderdeel uit van de BRL SIKB 11000, scope 1a. Dit document is nadrukkelijk geen ontwerpdocument voor het open bodemenergiesysteem in relatie tot detailengineering conform BRL SIKB 11000, scope 2a.

Samenvatting

Inleiding

Het voornemen bestaat om gebruik te maken van een collectief open bodemenergiesysteem voor de duurzame koeling en verwarming van het bedrijventerrein Port of Urk en de nieuwe woonwijk Zeeheldenwijk door middel van het Energienet Urk. Port of Urk ligt ten zuiden van het bedrijventerrein Zwolsehoek, de Zeeheldenwijk ligt ten oosten van het bedrijventerrein Zwolsehoek in Urk.

Bodemenergie

De 20 bronnen van het open bodemenergiesysteem zijn beoogd in het gecombineerde tweede en derde watervoerende pakket in het traject van 90 - 225 m-mv. Het systeem onttrekt en infiltreert maximaal 4.760.000 m³/jaar met een maximaal debiet van 2.000 m³/uur.

Energiebesparing en emissiereductie

Door het toepassen van een open bodemenergiesysteem kan jaarlijks circa 40.170 GJ (68%) aan primaire energie worden bespaard. Deze energiebesparing leidt tot een jaarlijkse emissiereductie van 1.963 ton CO₂ en 2.525 kg NO_x. De SPF van het open bodemenergiesysteem bedraagt 5,8.

Hydrologische effecten

Het berekende hydrologische invloedsgebied reikt tot maximaal 1.350 m van de bronnen. De maximale grondwaterstandsverandering bedraagt 0,16 m. De maximale stijghoogteverandering in het gecombineerde tweede en derde watervoerende pakket bedraagt 4,7 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 270 m van de bronnen. De veroorzaakte temperatuurveranderingen hebben geen nadelige gevolgen voor andere grondwatergebruikers en overige belanghebbenden.

Grondmechanische effecten

De berekende eindzetting bedraagt 16 mm. Deze geringe zetting en het daarmee gepaard gaande zettingsverhang (1 m per 6.500 m) veroorzaken geen schade aan gebouwen, funderingen, de nabijgelegen waterkering of wegen.

Effecten op de grondwaterkwaliteit

Direct rond de bronnen kan sprake zijn van een beperkte invloed op het zoet-/brak- en het brak-/zoutgrensvlak. 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	6
2 Systeembeschrijving	7
2.1 Uitgangspunten	7
2.2 Opzet open bodemenergiesysteem	8
2.3 Technische beschrijving systeem	9
2.4 Fasering open bodemenergiesysteem	10
2.5 Seasonal performance factor, energiebesparing en emissiereductie	11
3 Geohydrologie en effectberekeningen	12
3.1 Bodemopbouw	12
3.2 Geohydrologische kenmerken	12
3.3 Hydrologische effecten	13
3.4 Hydrothermische effecten	15
3.5 Grondmechanische effecten	16
4 Invloed op de omgeving	17
4.1 Grondwaterkwaliteit	17
4.2 Verzilting	17
4.3 Verontreinigingen	17
4.4 Grondwatergebruikers	18
4.5 Gesloten bodemenergiesystemen	20
4.6 Grondwaterbescherming	22
4.7 Bodemenergieplan	22
4.8 Bebouwing en infrastructuur	23
4.9 Natuur en openbaar groen	23
4.10 Cultuurhistorie en archeologische waarden	23

Figuren in bijlagen

2.2	Overzichtskaart met bronlocaties
3.1	Berekende grondwaterstandveranderingen Fase 1
3.2	Berekende grondwaterstandsveranderingen Fase 2
3.3	Berekende grondwaterstandsveranderingen Fase 3
3.4	Berekende grondwaterstandsveranderingen eindsituatie
3.5	Berekende stijghoogteveranderingen in het eerste watervoerende pakket Fase 1
3.6	Berekende stijghoogteveranderingen in het eerste watervoerende pakket Fase 2
3.7	Berekende stijghoogteveranderingen in het eerste watervoerende pakket Fase 3
3.8	Berekende stijghoogteveranderingen in het eerste watervoerende pakket eindsituatie
3.9	Berekende stijghoogteveranderingen in het opslagpakket Fase 1
3.10	Berekende stijghoogteveranderingen in het opslagpakket Fase 2
3.11	Berekende stijghoogteveranderingen in het opslagpakket Fase 3
3.12	Berekende stijghoogteveranderingen in het opslagpakket eindsituatie
3.13	Berekende temperaturen in het opslagpakket Fase 1
3.14	Berekende temperaturen in het opslagpakket Fase 2
3.15	Berekende temperaturen in het opslagpakket Fase 3
3.16	Berekende temperaturen in het opslagpakket eindsituatie
4.1	Thermische effecten ten opzichte van de zoekgebieden van bodemenergieplan Zwolsehoek

- 4.2 Thermische effecten ten opzichte van vergunde monobron recirculatiesystemen Piet Heinallee
- 4.3 Thermische effecten ten opzichte van vergunde monobron recirculatiesystemen Piet Heinallee (ingezoomd)
- 4.4 Berekende stijghoogteveranderingen in het opslagpakket eindsituatie (cumulatief)

Figuren in tekst

- 1.a Ontwikkelgebied Port of Urk en Zeeheldenwijk
- 2.a Principeschema van het open bodemenergiesysteem
- 2.b Schematische weergave van opbouw energienet
- 4.a Thermische beïnvloeding aanwezige monobron recirculatiesystemen Piet Heinallee
- 4.b Verwachte beïnvloeding gemiddelde aanvoertemperatuur bij de gesloten lussen

Bijlagen

- 1 Berekening van de SPF
- 2 Berekening tijdsafhankelijke zetting in de deklaag
- 3 Berekening van de eindzetting

1 Inleiding

Gemeente Urk ontwikkelt voor het bedrijventerrein Port of Urk en de nieuwe woonwijk Zeeheldenwijk het Energienet Urk (zie Figuur 1.a). Energienet Urk is een warmte- en koudenet, waarbij energiewisseling plaats kan vinden tussen het bedrijventerrein en de woonwijk. Op Port of Urk komen voornamelijk visverwerkende bedrijven. De restwarmte van deze bedrijven wordt gebruikt om woningen in de Zeeheldenwijk te verwarmen. Het afgekoelde water dat de woningen aan het net leveren, gebruiken de visverwerkers om hun vriesinstallaties efficiënter te laten draaien.



Figuur 1.a | Ontwikkelgebied Port of Urk en Zeeheldenwijk inclusief deelgebieden binnen de Zeeheldenwijk (bron: Concept Stedenbouw-kundig Masterplan Zeeheldenwijk, Arcadis, juni 2023).

Het voornemen bestaat om gebruik te maken van een collectief open bodemenergiesysteem voor de opslag van warmte en koude van Energienet Urk. Port of Urk ligt ten zuiden van het bedrijventerrein Zwolsehoek, de Zeeheldenwijk ligt ten oosten van het bedrijventerrein Zwolsehoek in Urk.

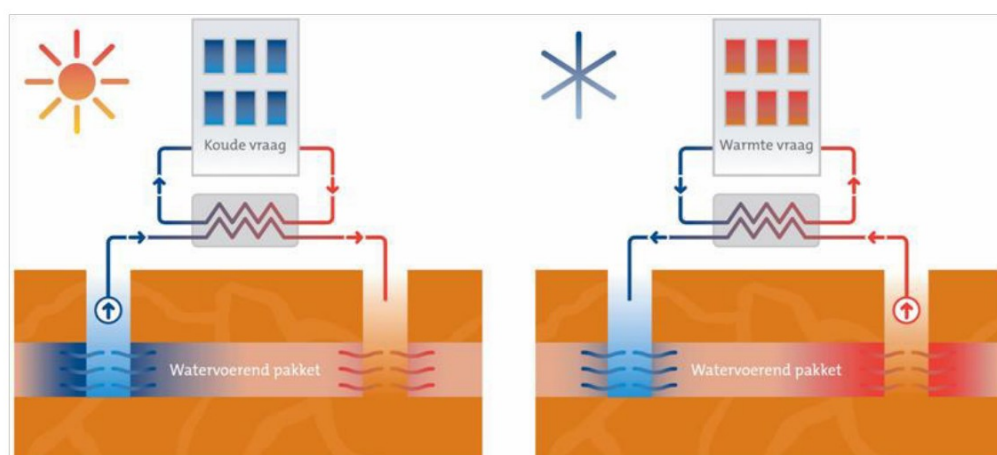
Het onttrekken en infiltreren van grondwater ten behoeve van het open bodemenergiesysteem is in het kader van de Waterwet vergunningplichtig. De provincie is bevoegd gezag. De aanvraag dient voorzien te zijn van een studie naar de effecten van het open bodemenergiesysteem en de invloed hiervan op de omgeving. Deze studie dient te voldoen aan de eisen die zijn opgenomen in het SIKB BRL protocol 11001 (versie 3.0) Ontwerp, realisatie, beheer en onderhoud ondergronds deel van bodemenergiesystemen.

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 tien koude en tien warme bronnen (tien doubletten) waarmee grondwater aan de bodem kan worden onttrokken en geïnfiltreerd (zie Figuur 2.a).



Figuur 2.a | Principeschema van het open bodemenergiesysteem

De grondwaterzijdige uitgangspunten voor de vergunningaanvraag Waterwet 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]	2.380.000	2.380.000
gemiddeld te verpompen waterhoeveelheid	[m ³ /seizoen]	1.588.000	1.588.000
maximaal debiet	[m ³ /uur]	2.000	2.000
maximale hoeveelheid ontwikkelwater ^b	[m ³]	160.000	
maximale spuihoeveelheid ^b	[m ³ /jaar]	16.000	
gemiddelde infiltratietemperatuur	[°C]	7	17
minimale/maximale infiltratietemperatuur	[°C]	5	25
bodemzijdig vermogen	[kW]	13.566	4.069
gemiddeld verplaatste energiehoeveelheid	[MWh _t /seizoen]	9.212	9.212

^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 20 beoogde bronnen wordt in totaal maximaal 160.000 m³ grondwater onttrokken en geloosd. De bronnen worden één voor één ontwikkeld waardoor het grondwater gefaseerd wordt onttrokken en geloosd. Daarnaast zullen de bronnen gefaseerd worden gerealiseerd, waardoor het vrijkomende water over een periode van een aantal jaar wordt verspreid. De realisatie loopt parallel aan de stedenbouwkundige ontwikkelingen en energiebehoefte.

Waterschap Zuiderzeeland en de rioolbeheerder hebben aangegeven dat het onttrokken grondwater geloosd moet worden op het oppervlaktewater, zo dicht mogelijk op de Urkervaart. Toestemming voor het lozen wordt in een later stadium van het project aangevraagd bij het waterschap.

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 16.000 m³ grondwater gespuid. Op dit moment is nog niet bekend hoe het spuiwater geloosd zal worden.

Een mogelijkheid is het plaatsen van een onderhoudsfilter in de technische ruimte. Bij een onderhoudsfilter wordt het vuil afgevangen met een zogenaamd kaarsenfilter met zeer kleine poriën. Het grondwater wordt uit de bronfilters opgepompt en wordt via het onderhoudsfilter in de bypass van het leidingcircuit in een andere bron geïnjecteerd. Er komt hierbij geen grondwater vrij dat geloosd moet worden.

Een andere mogelijkheid is om het spuiwater op het oppervlaktewater te lozen. Indien de lozing op het oppervlaktewater plaatsvindt, wordt de toestemming voor deze lozing in een later stadium van het project aangevraagd bij het waterschap.

2.2 OPZET OPEN BODEMENERGIESYSTEEM

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

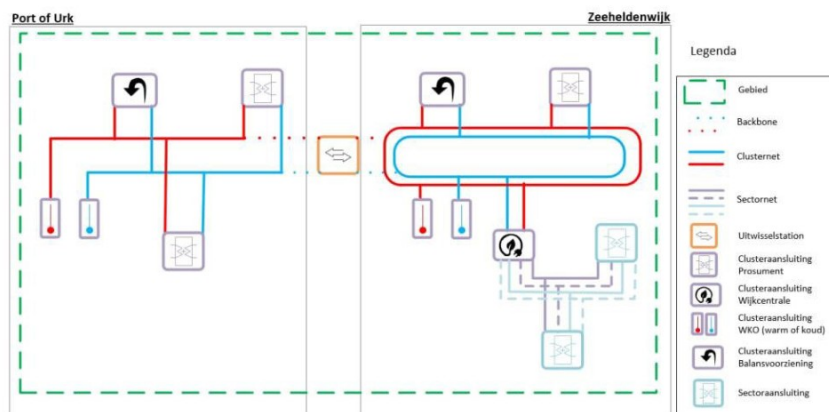
Tabel 2.2 | Opzet bronsysteem

parameter	eenheid	waarde
filterdiepte	[m-mv]	90 - 225 (gecombineerd 2 ^e /3 ^e watervoerende pakket)
minimale lengte per bronfilter	[m]	35
minimale afstand tussen de koude en warme bronnen	[m]	190
RD coördinaten W1 (fase 1)	[m]	X = 171.540/ Y = 517.500
RD coördinaten W2 (fase 1)	[m]	X = 171.687/ Y = 517.774
RD coördinaten W3 (fase 1)	[m]	X = 171.626/ Y = 517.877
RD coördinaten W4 (fase 4)	[m]	X = 171.978/ Y = 518.466
RD coördinaten W5 (fase 2)	[m]	X = 172.039/ Y = 518.520
RD coördinaten W6 (fase 4)	[m]	X = 172.127/ Y = 518.994
RD coördinaten W7 (fase 3)	[m]	X = 172.382/ Y = 518.899
RD coördinaten W8 (fase 3)	[m]	X = 172.408/ Y = 518.917
RD coördinaten W9 (fase 4)	[m]	X = 172.281/ Y = 518.510
RD coördinaten W10 (fase 4)	[m]	X = 172.291/ Y = 518.486
RD coördinaten K1 (fase 1)	[m]	X = 171.679/ Y = 517.627
RD coördinaten K2 (fase 1)	[m]	X = 171.565/ Y = 517.789
RD coördinaten K3 (fase 1)	[m]	X = 171.748/ Y = 517.965
RD coördinaten K4 (fase 4)	[m]	X = 172.106/ Y = 518.371
RD coördinaten K5 (fase 2)	[m]	X = 171.978/ Y = 518.699
RD coördinaten K6 (fase 4)	[m]	X = 171.958/ Y = 518.959
RD coördinaten K7 (fase 3)	[m]	X = 172.446/ Y = 518.765
RD coördinaten K8 (fase 3)	[m]	X = 172.495/ Y = 518.794
RD coördinaten K9 (fase 4)	[m]	X = 172.426/ Y = 518.556
RD coördinaten K10 (fase 4)	[m]	X = 172.443/ Y = 518.549

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

2.3 TECHNISCHE BESCHRIJVING SYSTEEM

Het betreft hier een collectief systeem (5^e generatie Energienet), waarbij de ontwerpfilosofie uitgaat van het uitwisselen van aanwezige warmte en koude overschotten binnen de verschillende deelgebieden (zie Figuur 2.b). Op het moment van schrijven is het definitieve ontwerp van het net en de bronnen nog in ontwikkeling. Voor een volledige technische omschrijving wordt verwezen naar het ontwerpteam en het opgestelde document (*Ontwerpnota DO-fase Energienet Urk, Volantis, 30-04-2024*). Het gaat om een hoofdnets waar grondwater met een relatief lage temperatuur doorheen stroomt. De temperatuur wordt opgewaardeerd in de verschillende sectornetten. In de sectornetten zal de gevraagde energie centraal worden opgewaardeerd (dus geen warmtepomp in elke woning, wel voor tapwaterbereiding). In de netten worden diverse afsluiters geplaatst, zodat indien een calamiteit zich voordoet dit deel van het net snel afgesloten kan worden. Daarnaast worden sensors geplaatst om de druk in de leidingen te kunnen monitoren.



Figuur 2.b | Schematische weergave van opbouw energienet (bron: Volantis DO).

Deze effectenstudie dient ter onderbouwing voor het realiseren van de bronnen voor het open bodemenergiesysteem en het in gebruik nemen van de bronnen. Het leidingwerk en andere bijkomende technische onderdelen zullen door de initiatiefnemer via de daarvoor bestemde vergunning trajecten worden aangevraagd.

Eventuele (aanvullende) voorschriften/eisen met betrekking tot toezicht en handhaving kunnen in de vergunning worden opgenomen.

2.4 FASERING OPEN BODEMENERGIESYSTEEM

Het open bodemenergiesysteem zal gefaseerd worden gerealiseerd. Daarbij zal als eerste het deelgebied Port of Urk worden ontwikkeld. Vervolgens worden de deelgebieden binnen de Zeelandwijk gerealiseerd. Daarbij zullen eerst het Centrumgebied en de Akkers gerealiseerd worden. Per bouwphase zal de gewenste energievraag toenemen, waarvoor extra bronnen gerealiseerd gaan worden. Voor de overige deelgebieden is het op het moment van schrijven nog onbekend wanneer deze exact ontwikkeld gaan worden. Gezien de gefaseerde aanleg van het systeem zijn in deze studie op basis van de best beschikbare gegevens de effecten gefaseerd doorgerekend. De jaartallen per fasering kunnen veranderen afhankelijk van het ontwerptraject dat doorlopen gaat worden voor de nieuwbouwwijken. Uiteindelijk gaat het om de realisatie van een collectief systeem dat met elkaar in verbinding staat voor de optimale uitwisseling van energiestromen tussen gebruikers. Voor de meest actuele informatie wat betreft de fasering en bouwopgave wordt verwezen naar de gemeente Urk of de website van de gemeente Urk.

Aangehouden conceptuele fasering voor effectenberekening:

- Fase 1: Port of Urk
 - verwachte realisatie datum 2025
 - Totaal 3 doubletten (K1, K2, K3, W1, W2 en W3)
- Fase 2: Centrumgebied
 - Verwachte realisatie datum 2027
 - Totaal 1 doublet (K5, W5)
- Fase 3: De Akkers
 - Verwachte realisatie datum 2028
 - Totaal 2 doubletten (K7, K8, W7, W8)
- Fase 4: Overige bouwvelden

- Verwachte realisatie datum >2030
- Totaal 4 doubletten (K4, K6, K9, K10, W4, W6, W9, W10)

2.5 SEASONAL PERFORMANCE FACTOR, ENERGIEBESPARING EN EMISSIEREDUCTIE

Seasonal Performance Factor

Het energierendement van het open bodemenergiesysteem wordt uitgedrukt als de Seasonal Performance Factor (SPF). Deze Seasonal Performance Factor is gedefinieerd als de totaal door het open bodemenergiesysteem geleverde hoeveelheden aan warmte en koude per jaar in MWh, gedeeld door het jaarlijks elektraverbruik van het open bodemenergiesysteem in MWh_e (Waterregeling art. 6.29 lid 2). Tot het open bodemenergiesysteem behoren de bronpompen van de ondergrondse installatie, de warmtepompen, de regeneratievoorziening en de hulpenergie.

De SPF van het open bodemenergiesysteem behorende bij deze vergunningaanvraag bedraagt 5,8. De berekening van de SPF is bijgevoegd in Bijlage 1.

Tijdens de verschillende fases wordt op energiebalans gestuurd. Daarbij kan bovenstaande SPF voor elke fase worden aangehouden.

Energiebesparing en emissiereductie

Voor het bepalen van de jaarlijkse primaire energiebesparing en de jaarlijkse emissiereductie is de warmte- en koudelevering met het open bodemenergiesysteem (inclusief warmtepompen, regeneratievoorziening en hulpenergie) vergeleken met een referentie-installatie bestaande uit gasgestookte ketels voor verwarming en elektrisch aangedreven koelmachines voor koeling.

Vanaf 1 januari 2021 geldt dat alle nieuwbouw moet voldoen aan de eisen voor Bijna Energie Neutrale Gebouwen (BENG). Bij het berekenen van de jaarlijkse primaire energiebesparing en emissiereductie is dan ook gebruik gemaakt van de hierbij behorende kentallen uit de NTA8800.

De berekende besparing in het primair energiegebruik behorende bij deze vergunningaanvraag bedraagt 40.170 GJ per jaar en komt neer op een energiebesparing van 68%. Deze energiebesparing resulteert in een jaarlijkse emissiereductie van 1.963 ton (61%) koolstofdioxide (CO₂) en 2.525 kg (80%) 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:
 - B20E0048
 - B15H0055
 - B21A0038
 - B20F0173

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 - 8	klei, veen, leem en fijn zand	deklaag	500 d, 15 m ² /d
8 - 20	matig fijn tot uiterst grof zand, soms grindig	1 ^e watervoerende pakket	240 m ² /d
20 - 25	fijn zand en klei, scheidende laag aan de westkant van het projectgebied naar verwachting niet/beperkt aanwezig	1 ^e scheidende laag	100 d
25 - 225	matig grof tot zeer grof zand met enkele fijnzandige of kleiige lagen	gecombineerde 2 ^e /3 ^e watervoerende pakket	5.325 m ² /d
> 225	klei en fijn zand	hydrologische basis	∞

^a maaiveldhoogte: circa -4,0 m NAP

^b doorlaatvermogen: bepaald op basis van beschikbare informatie zoals pomp- en putproeven en korrelgroottes / gemiddelde weerstand: 100 d/m voor klei, 65 d/m voor leem en 200 d/m voor veen.

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 NAP]

	bron	laagste	gemiddelde	hoogste
grondwaterstand *	peilbuis B20E0287-001	-4,6	-4,5	-4,4
1 ^e watervoerende pakket	peilbuis B20E0287-002	-4,5	-4,4	-4,3
gecombineerde 2 ^e /3 ^e watervoerende pakket	peilbuis B20F0054 en REGIS	-	-5,0	-

* de diepte van de grondwaterstand kan beïnvloed worden door de maaiveldhoogte en maatregelen aan maaiveld (zoals ophogen terrein en wijze van afwatering). Hierdoor kan de grondwaterstand anders zijn dan op basis van historische gegevens bepaald.

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]	15
grondwaterstroming opslagpakket (richting) ^a	[-]	oostelijk
grondwatertemperatuur (opslagpakket) ^b	[°C]	12,5
zoet-/brakgrensvlak (chloride 150 mg/l) ^c	[m-mv]	< 50
brak-/zoutgrensvlak (chloride 1.000 mg/l) ^c	[m-mv]	50

^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 open 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]
0,5 ^a	gesloten bovenrand	-	∞
0,5 - 3	fictief freatisch watervoerend pakket	15 ^b	-
3 - 8	deklaag	-	500
8 - 20	1 ^e watervoerende pakket	240	-
20 - 25	1 ^e scheidende laag	-	100
25 - 90	gecombineerd 2 ^e /3 ^e watervoerende pakket	1.950	-
90	fictieve scheidende laag	-	4,3 ^c
90 - 125	gecombineerd 2 ^e /3 ^e watervoerende pakket (filter)	1.225	-
125	fictieve scheidende laag	-	1,0 ^c
125 - 140	gecombineerd 2 ^e /3 ^e watervoerende pakket	450	-
140	fictieve scheidende laag	-	300 ^d
140 - 225	gecombineerd 2 ^e /3 ^e watervoerende pakket	1.700	-
> 225	hydrologische basis	-	∞

^a de gemiddelde grondwaterstand bedraagt circa 0,5 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).

^d verdiscontering van de weerstand in het opslagpakket (worst case).

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 (2.000 m³/uur) draait. Aangezien het open bodemenergiesysteem in de praktijk 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 maximale hydrologische effecten weergegeven per fase. Voor de fasering zie paragraaf 2.4.

Tabel 3.5 | Maximale grondwaterstand- en stijghoogteveranderingen

watervoerende laag	eenheid	zomer-/ wintersituatie fase 1	zomer-/wintersituatie fase 2	zomer-/wintersituatie fase 3	zomer-/wintersituatie eindsituatie
freatisch	[m]	0,06	0,07	0,08	0,16
1 ^e watervoerende pakket	[m]	0,09	0,11	0,13	0,24
gecombineerd 2 ^e /3 ^e water- voerende pakket (opslag- pakket)	[m]	3,65	3,67	4,1	4,7

In Figuur 3.1 tot en met Figuur 3.12 zijn de berekende grondwaterstandveranderingen, de stijghoogteveranderingen in het eerste watervoerende pakket en de stijghoogteveranderingen in het gecombineerde tweede en derde watervoerende pakket weergegeven per fase.

Het hydrologische invloedsgebied is het gebied waarbinnen het effect van het open bodemenergiesysteem op de stijghoogte groter dan 0,05 m is. De berekende maximale afstanden tussen de bronnen en de rand van het hydrologische invloedsgebied zijn in Tabel 3.6 vermeld. Deze worden bereikt in de eindsituatie wanneer alle bronnen in bedrijf zijn. In de praktijk zal het systeem veel in deellast draaien. Het gaat hier om een worst-case weergave van de effecten.

Tabel 3.6 | Grootte invloedsgebieden eindsituatie

watervoerende laag	eenheid	zomer- en wintersituatie eindsituatie
freatisch	[m]	1.050
1 ^e watervoerende pakket	[m]	1.300
gecombineerd 2 ^e /3 ^e watervoerende pakket (opslagpakket)	[m]	1.350

Invloed op verticale stroming

De verticale grondwaterstroming door de deklaag en de scheidende lagen ten gevolge van het open bodemenergiesysteem is in Tabel 3.7 weergegeven.

Tabel 3.7 | Verticale stroming eindsituatie

	eenheid	natuurlijk	extra stroming door bodemenergie
deklaag	[m/seizoen]	0,1 (opwaarts)	0
1 ^e scheidende laag	[m/seizoen]	3,7 (neerwaarts)	7,4

De grootte van de invloed op de verticale stroming is beide seizoenen gelijk, alleen de richting is tegengesteld. De netto invloed is op jaarbasis nul.

3.4 HYDROTHERMISCHE EFFECTEN

De berekeningen van de hydrothermische effecten van het open 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 3.8 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 3.8 | Modelopbouw HstWin-3D

diepte	hydrologische beschrijving	horizontale doorlatendheid	verticale anisotropie	warmtegeleiding-coëfficiënt	volumetrische warmtecapaciteit
[m-mv]		[m/d]	[-]	[W/(mK)]	[MJ/(m³K)]
0 - 8	deklaag	0,1	10	1,7	2,8
8 - 20	1 ^e watervoerende pakket	20	4	2,4	2,8
20 - 25	1 ^e scheidende laag	0,5	10	1,9	2,8
25 - 140	gecombineerde 2 ^e /3 ^e watervoerende pakket	31	4	2,4	2,8
140 - 225	gecombineerde 2 ^e /3 ^e watervoerende pakket	20	4	2,4	2,8

Voor de berekening is gerekend met de verwachte fasering. Daarbij verplaatsen alle bronnen een evenzelfde hoeveelheid water 158.800 m³/seizoen met een vaste infiltratie en onttrekkingstemperatuur. In Figuur 3.13 tot en met Figuur 3.15 zijn de thermische effecten weergegeven aan het eind van iedere fase. In Figuur 3.16 is de thermische eindsituatie weergegeven na 25 jaar.

In Tabel 3.9 is het totale onttrekking-/infiltratiepatroon weergegeven voor de berekening.

Tabel 3.9 | Onttrekking-/infiltratiepatroon

seizoen	bedrijfstoe-stand	onttrekken uit	infiltreren in	waterhoeveel-heid [m ³ /seizoen]	infiltratietem-peratuur [°C]
winter (2025 - 2027)	warmteleve-ring	W	K	476.400	7
zomer (2025 - 2027)	koudelevering	K	W	476.400	17
winter (2027 - 2028)	warmteleve-ring	W	K	635.200	7
zomer (2027 - 2028)	koudelevering	K	W	635.200	17
winter (2028 - 2030)	warmteleve-ring	W	K	952.800	7
zomer (2028 - 2030)	koudelevering	K	W	952.800	17
winter (>2030)	warmteleve-ring	W	K	1.588.000	7
zomer (>2030)	koudelevering	K	W	1.588.000	17

Het hydrothermische invloedsgebied is het gebied waarbinnen de temperatuur 0,5°C afwijkt van de natuurlijke grondwatertemperatuur ter hoogte van de gemodelleerde bronfilters (12,5°C). Het hydrothermische invloedsgebied van het open bodemenergiesysteem reikt na 25 jaar tot maximaal 270 m van de bronnen.

3.5 GRONDMECHANISCHE EFFECTEN

De stijghoogteveranderingen als gevolg van het open 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) ontrekkingen.

De potentiële zetting is berekend met de formule van [REDACTED]. 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 deklaag is een tijdsafhankelijke berekening van de zetting uitgevoerd, omdat deze laag het grootste aandeel in de totale zetting heeft (zie Bijlage 2). 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 16 mm berekend (zie Bijlage 3). Het zettingsverhang bedraagt in de directe nabijheid van de bronnen (binnen 10 m rondom de bronnen) maximaal 1 m per 6.500 m. Aan de rand van het berekende hydrologische invloedsgebied bedraagt de berekende maximale eindzetting 5 mm.

Op circa 350 m ten zuidwesten van bron W1 van het open bodemenergiesysteem bevindt zich een waterkering. De berekende maximale eindzetting ter hoogte van de waterkering bedraagt circa 7 mm. Het berekende maximale zettingsverhang bedraagt maximaal 1 m per 46.000 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 (MMB, 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, zout en gereduceerd (ijzerhoudend, zuurstof- en nitraatloos). Nadelige effecten zijn dan ook niet te verwachten.

4.2 VERZILTING

De overgang van zoet naar zout grondwater bevindt zich bovenin het gecombineerde tweede en derde watervoerende pakket. Aan de hand van de berekende stijghoogteveranderingen is berekend hoe groot de maximale verticale stroming ter hoogte van het brak-/zoutgrensvlak is. Uitgaande van 50 equivalente vollastdagen vindt een verticale stroming plaats van 7,4 m per seizoen. De grootte van de invloed op de verticale stroming is beide seizoenen gelijk, alleen de richting is tegengesteld. De netto invloed is op jaarbasis nul.

4.3 VERONTREINIGINGEN

Uit de beschikbare bodemrapportages blijkt dat in het projectgebied enkele licht verhoogde gehalten met zware metalen, PAK, drins (som), hexachloorbenzeen en/ of minerale olie aangetoond zijn in de deklaag.

Invloed bodemenergie

Als gevolg van het beoogde open bodemenergiesysteem treden geringe effecten op de stijghoogte in het ondiepe watervoerende pakket en de grondwaterstand in de deklaag. Er vindt geen extra

verticale stroming door de deklaag door het open bodemenergiesysteem (zie Tabel 3.7). Geen van de lichte verontreinigingen wordt dus aangetrokken of verplaatst.

4.4 GRONDWATERGEBRUIKERS

Bij de Omgevingsdienst Flevoland & Gooi en Vechtstreek is een overzicht opgevraagd van grondwatergebruikers. Op basis van dit overzicht zijn de grondwatergebruikers binnen en in de directe omgeving van het hydrologische en thermische invloedsgebied van het open bodemenergiesysteem geïnterpreteerd.

Binnen het hydrologische invloedsgebied van het beoogde open bodemenergiesysteem bevinden zich enkele grondwateronttrekkingen. Dit zijn (tijdelijke) ondiepe bronbemalingen en grondwateronttrekkingen uit de bovenkant van het gecombineerde tweede en derde watervoerende pakket (tot maximaal 60 m-mv).

Ten noorden van de Zeeheldenwijk zijn twee monobronnen van het woningbouwproject Heutink de Wit aan de Pieter van Vollenhovenstraat aanwezig. De bronfilters bevinden zich tussen circa 90 en 220 m-mv (gecombineerde tweede en derde watervoerende pakket) (Bronontwerp bodemenergiesysteem woningbouw Heutink de Wit te Urk, KWA, d.d. 15 mei 2020). De bronfilters van het beoogde open bodemenergiesysteem voor Energienet Urk zijn beoogd in hetzelfde traject.

Gelijktijdig aan de aanvraag voor het Energienet Urk zijn er ook twee monobron recirculatiesystemen vergund. Hierbij wordt in het ondiepe filter water onttrokken en in het diepe filter water geïnfiltrerd. Het gaat om een monobron voor de Piet Heinallee 1-10 met een maximale capaciteit van 10 m³/uur en een monobron voor de Piet Heinallee nabij nummer 20 welke een maximale capaciteit van 25 m³/uur heeft. In deze studie wordt verwezen naar de systemen als zijnde Piet Heinallee 10 en Piet Heinallee 20. Deze bevinden zich op circa 80 en 180 meter ten afstand ten opzichte van koude bron K7 en warme bron W7 van de beoogde bronnen van het Energienet Urk (zie Figuur 4.3).

Hydrologische invloed bodemenergie

De berekende maximale stijghoogteverandering in het gecombineerde tweede en derde watervoerende pakket ter plaatse van de grondwateronttrekkingen bedraagt circa 0,19 m. Dit is dermate gering dat dit in de praktijk geen effect heeft op de bedrijfsvoering van de grondwateronttrekkingen.

Monbronnen Pieter van Vollenhovenstraat

De monobronnen aan de Pieter van Vollenhovenstraat liggen buiten het hydrologische invloedsgebied van het beoogde open bodemenergiesysteem. De hydrologische invloed van het beoogde open bodemenergiesysteem ter plaatse van de monobronnen bedraagt minder dan 0,05 m. Dit is dermate gering dat dit in de praktijk geen effect heeft op de bedrijfsvoering en het rendement van de open bodemenergiesystemen aan de Pieter van Vollenhovenstraat.

Recirculatie monobronnen Piet Heinallee

De maximale toename in stijghoogteverandering ter hoogte van de recirculatie monobronnen Piet Heinallee 1-10 en Piet Heinallee nabij nummer 20 bedraagt respectievelijk 0,19 m en 0,32 m. In de praktijk is dit dusdanig gering dat dit in de praktijk geen effect heeft op de bedrijfsvoering en het rendement van de open bodemenergiesystemen aan de Piet Heinallee.

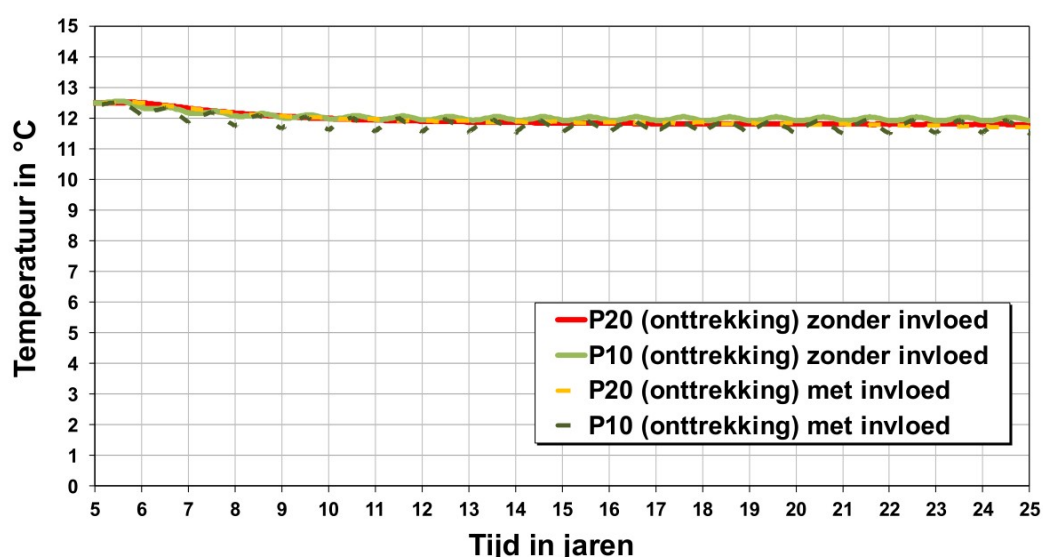
Thermische invloed bodemenergie

Monbronnen Pieter van Vollenhovenstraat

De monbronnen aan de Pieter van Vollenhovenstraat liggen op minimaal 150 m afstand van het thermische invloedsgebied van Energienet Urk. De thermische straal van de monbronnen is berekend op 17 m (Bronontwerp bodemenergiesysteem woningbouw Heutink de Wit te Urk, KWA, d.d. 15 mei 2020). Er is geen overlap in de thermische invloedsgebieden van de monbronnen aan de Pieter van Vollenhovenstraat en de bronnen van Energienet Urk.

Recirculatie monbronnen Piet Heinallee

De vergunde recirculatie monbronnen op de Piet Heinallee 10 en 20 bevinden zich binnen het thermische invloed gebied van de bronnen van het Energienet Urk. De invloed op deze systemen is inzichtelijk gemaakt door deze systemen met en zonder het beoogde systeem van Energienet Urk te simuleren (zie Figuur 4.a).



Figuur 4.a | Verwachte beïnvloeding onttrekkingstemperaturen nabijgelegen recirculatie monbronnen.

Op basis van de berekening wordt het systeem Piet Heinallee 10 (P10) het meest beïnvloed door de beoogde koude bron K7 van het Energienet Urk. Met name aan het eind van het winterseizoen wanneer de nabijgelegen koude bron K7 het meest is geladen, zal de invloed het grootste zijn. Dit gaat om een verwachte beïnvloeding van circa 0,5 °C op de onttrekkingsbron. Gemiddeld gezien gaat het om een invloed van circa 0,2 °C wat zeer beperkt is. De invloed op het systeem P20 is minder dan 0,1 °C dit is verwaarloosbaar.

Dit is een overschatting van de werkelijk optredende effecten. De modelberekeningen zijn worst-case doordat we uitgaan van een constante infiltratietemperatuur en dus constant temperatuurverschil. In de werkelijkheid verandert de infiltratietemperatuur en neemt het temperatuurverschil met het grondwater gedurende het seizoen af wat ertoe leidt dat er minder energie in de bodem wordt opgeslagen dan berekend. Doordat het model meer energie verpompt dan de uitgangspunten, is het berekende thermische invloedsgebied groter dan in de werkelijke situatie. In deze worst-case

situatie is de invloed op het bodemenergiesysteem van systeem P20 al zeer beperkt. In de praktijk zal de invloed dus verwaarloosbaar zijn.

Geconcludeerd wordt dat het open bodemenergiesysteem van Energienet Urk geen significante thermische invloed heeft op de overige grondwatergebruikers in de omgeving.

4.5 GESLOTEN BODEMENERGIESYSTEMEN

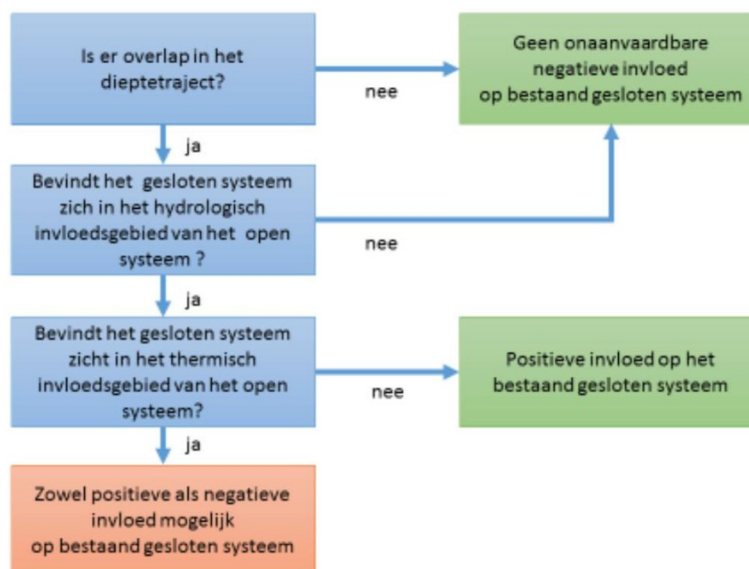
Via de wkotool (wkotool.nl) zijn de gesloten bodemenergiesystemen in de omgeving van het beoogde bodemenergiesysteem geïnventariseerd.

Aan de westkant van de Zeeheldenwijk zijn diverse gesloten bodemenergiesystemen gemeld met een einddiepte variërend tussen 125 en 225 m-mv. De gesloten bodemenergiesystemen liggen tussen de beoogde bronnen K5, K6 en W6 (zie Figuur 2.2).

Conform de beslisbomen uit bijlage 4 van de BUM BE deel 1 (versie 3.0 d.d. 29 juni 2023) is negatieve beïnvloeding van een gesloten bodemenergiesysteem mogelijk wanneer deze binnen het thermische invloedsgebied van een open bodemenergiesysteem ligt. Hierover staat het volgende:

Voor gesloten systemen zijn ontoelaatbare nadelige gevolgen voor het functioneren van de systemen uitgesloten indien voldaan wordt aan het volgende criterium: de temperatuurverlaging ter plaatse van het geometrisch middelpunt van de warmtewisselaars van elk van de systemen is minder dan 1,5°C. Als aan dit criterium wordt voldaan kan de watervergunning voor het open bodemenergiesysteem worden verleend, mits ook is onderbouwd dat er voor het open bodemenergiesysteem geen significante negatieve gevolgen voor het functioneren zijn. Als niet aan dit criterium wordt voldaan kan de watervergunning alleen worden verleend indien de initiatiefnemer afdoende aantoont dat de temperatuurverlaging geen nadelige gevolgen heeft voor het doelmatig functioneren van het betreffende gesloten systeem.

In Figuur 4.b is de beslisboom uit bijlage 4 van BUM BE deel 1 opgenomen, dat de invloed van een nieuw open bodemenergiesysteem op een bestaand gesloten bodemenergiesysteem weergeeft.



Figuur 4.b | Uitsnede bijlage 4 van BUM BE deel 1

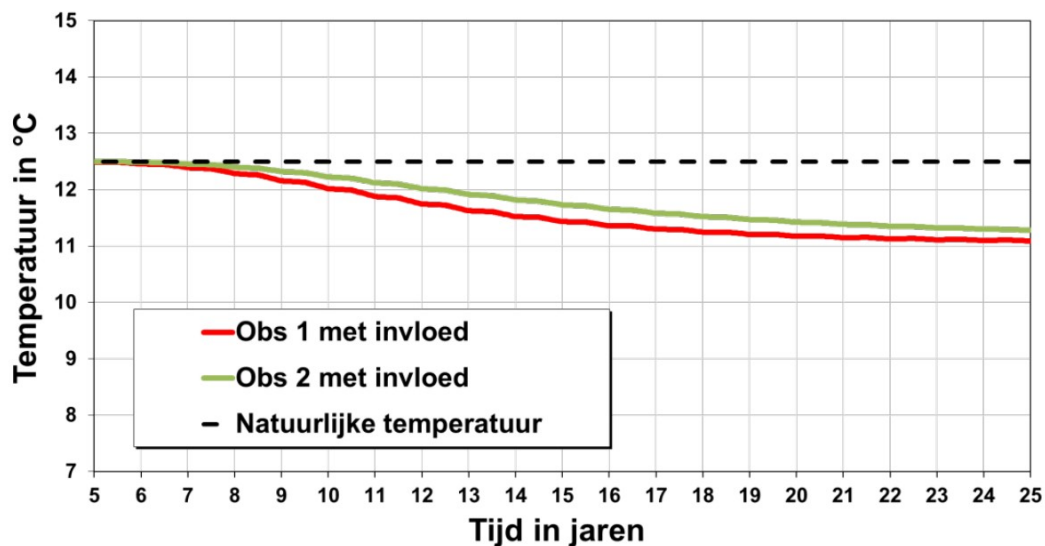
Uit de dieptetrajecten van beide bodemenergiesystemen en de beslisboom volgt dat overlap in het dieptetraject aanwezig is en dat een deel van de gesloten bodemenergiesystemen zich binnen het hydrologisch en in het thermische invloedsgebied van het beoogde open bodemenergiesysteem bevinden. Het resultaat is dat zowel positieve als negatieve invloed mogelijk is op de bestaande gesloten bodemenergiesystemen.

Grondwaterstroming

In Urk is de grondwaterstroming van het dieptetraject van de lussen voor het grootste gedeelte beperkt (circa 15 m/jaar per jaar). Dit betekent dat rond de lussen de bodem netto afkoelt aangezien elke lus een grotere warmte- dan koudevraag heeft. Vanwege het onttrekken en infiltreren van grondwater door het open systeem van Urk vindt ter hoogte en in de nabijheid van de bronnen een extra grondwaterstroming plaats. Deze grotere grondwaterstroming heeft een gunstig effect op de potentiële warmteoverdracht tussen de bodem en de bodemlussen van de gesloten bodemenergiesystemen. Dit is een positief effect van het open bodemenergiesysteem op de gesloten bodemenergiesystemen.

Thermisch effect

De gesloten bodemenergiesystemen liggen in het invloedsgebied van de koude bron K5 van het beoogde open bodemenergiesysteem (zie paragraaf 3.4). In Figuur 4.b zijn daarom de lussen als een observatiepunt in het model geplot. Daarbij is Obs 1 een observatiepunt tot 125 m-mv en Obs 2 een observatiepunt tot 225 m-mv. Het is onbekend hoe de gesloten lussen exact gaan functioneren, daarom is dit in de berekening buiten beschouwing gelaten. De gemiddelde temperatuur zal dalen door het effect van koude bron K5.



Figuur 4.c | Verwachte beïnvloeding gemiddelde aanvoertemperatuur bij de gesloten lussen als gevolg van het open bodemenergiesysteem van Energienet Urk.

In de situatie zonder de bronnen van het Energienet Urk zal de gemiddelde verwachte natuurlijke grondwatertemperatuur van 12,5 °C zowel gelden voor Obs 1 als wel Obs 2. De ondiepe lussen zullen gemiddeld gezien het meest worden beïnvloed. Bij Obs 1 wordt een gemiddelde temperatuur van circa 11,1 °C na 25 jaar energieopslag verwacht. Voor Obs 2 is dit 11,3 °C in het scenario met het beoogde open bodemenergiesysteem. Omdat de lussen een hogere koude vraag dan warmtevraag hebben zullen zij de bodem actief afkoelen. Wanneer er water met gemiddeld 11,1 dan wel 11,3 °C nabij de lussen komt zal dit alleen maar een positief effect hebben op het lange termijn rendement van de gesloten lussen. De extra koude van het beoogde bodemenergiesysteem (circa 11,2 °C) is namelijk warmer dan de temperatuurdaling die de gesloten bodemenergiesystemen tot gevolg hebben. Er zal daarom sprake zijn van een licht opwarmend thermisch effect, wat positief is voor het rendement van de warmtepompen van de gesloten bodemenergiesystemen. Daarnaast blijven de temperaturen toereikend om passief te koelen.

Geconcludeerd wordt dat het open bodemenergiesysteem van Energienet Urk geen significante thermische invloed heeft op de aanwezige gesloten bodemenergiesystemen in de omgeving.

4.6 GRONDWATERBESCHERMING

De locatie ligt niet in een waterwingebied, grondwaterbeschermingsgebied of boringvrije zone.

4.7 BODEMENERGIEPLAN

Voor het bedrijventerrein Zwolse Hoek, gelegen ten noorden van Port of Urk, is in 2019 een bodemenergieplan voor open bodemenergiesystemen opgesteld (referentie 68122/SV/20190226, d.d. 26 februari 2019). Het bodemenergieplan is vastgelegd in een provinciale beleidsregel van de provincie Flevoland. In het bodemenergieplan is een ordeningspatroon voor de inpassing van warme en koude bronnen opgenomen.

Bij de inpassing van bronnen voor Energienet Urk is rekening gehouden met de zoekgebieden in het bodemenergieplan. Figuur 4.1 toont de thermische effecten van het beoogde open

bodemenergiesysteem ten opzichte van de zoekgebieden uit het bodemenergieplan. De inpassingsmogelijkheden binnen de zoekgebieden in Zwolshoek worden niet beperkt door het beoogde open bodemenergiesysteem.

4.8 BEBOUWING EN INFRASTRUCTUUR

De berekende grondwaterstandveranderingen zijn gering (maximaal 0,16 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).

Invloed bodemenergie

De berekende maximale totaalzetting van 16 mm (zie paragraaf 3.5) en de daarmee gepaard gaande verschilzetting van 1 m per 6.500 m veroorzaakt geen schade aan gebouwen, funderingen, wegen of constructies.

De berekende maximale eindzetting ter hoogte van de waterkering van 7 mm (zie hoofdstuk 3.5) en de daarmee gepaard gaande verschilzetting van 1 m per 46.000 m veroorzaakt geen schade aan de waterkering.

4.9 NATUUR EN OPENBAAR GROEN

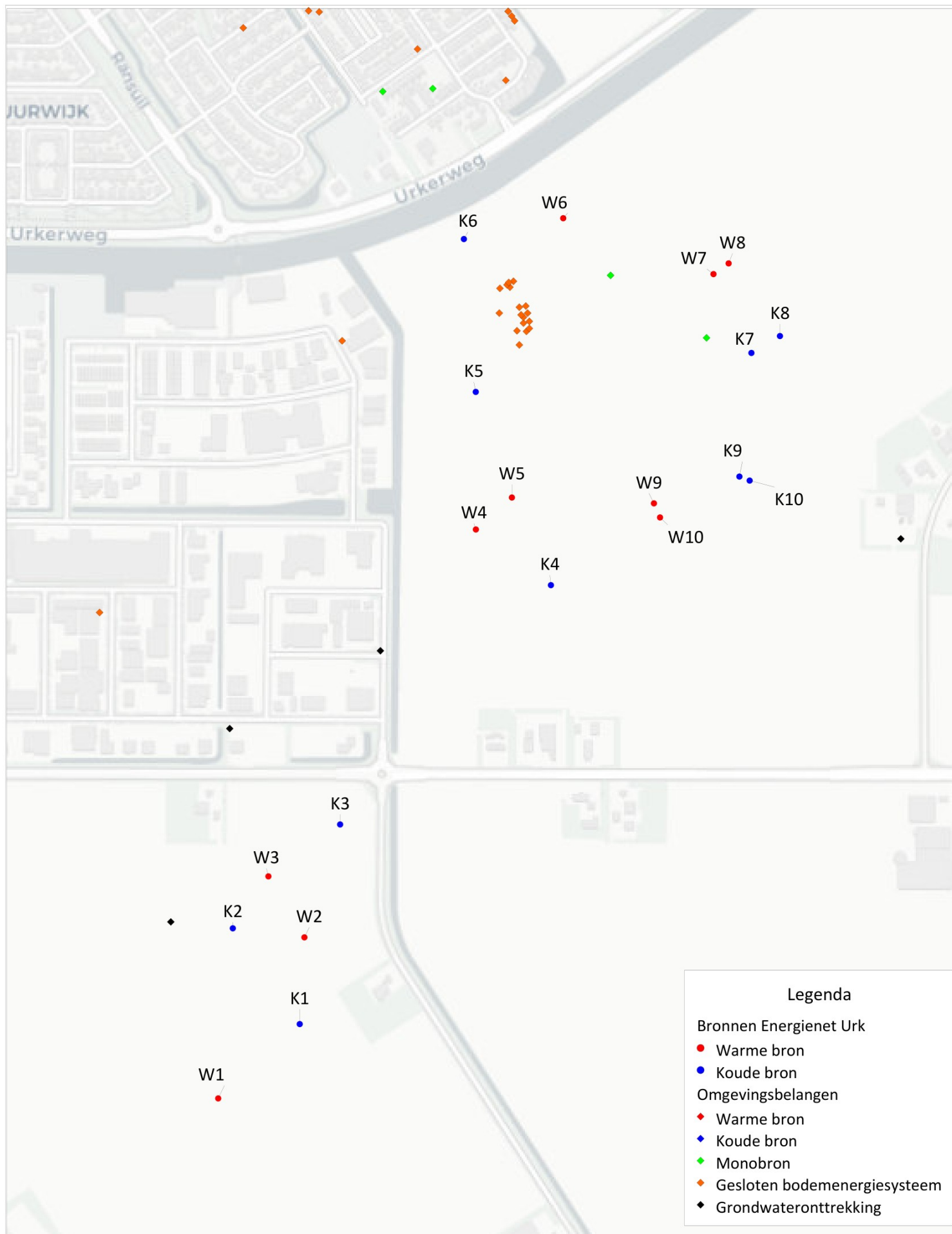
De invloed op de grondwaterstand (paragraaf 3.3) is zo gering (maximaal 0,16 m) dat het open bodemenergiesysteem geen invloed heeft op natuurwaarden (zoals Vogel- en Habitatrichtlijngebieden, Natuurbeschermingswetgebieden, Natuurnetwerk Nederland of ecologische beschermingszones) en openbaar groen.

4.10 CULTUURHISTORIE EN ARCHEOLOGISCHE WAARDEN

Het open bodemenergiesysteem ligt niet in een aardkundig waardevol gebied. Uit de archeologische waardenkaart IKAW (bron Rijksdienst voor Cultureel Erfgoed) van de Gemeente Urk/andere organisatie blijkt dat er mogelijk wel archeologische resten aanwezig zijn binnen het projectgebied. Voor het uitvoeren van de boringen moet middels een archeologisch onderzoek aangetoond worden dat er geen verstoring gaat plaatsvinden. Dit kan als vergunningseis worden opgenomen.

De invloed op de grondwaterstand (paragraaf 3.3) is zo gering (maximaal 0,16 m) dat het open bodemenergiesysteem geen invloed heeft op de aardkundige waarden en eventueel aanwezige cultuurhistorie en archeologische waarden.

Figuren



0 m 250 m 500 m

Project: Bodemenergie Energienet Urk

Datum: A: 07-04-2025
B:

Onderwerp: Overzichtskaart met bronlocaties

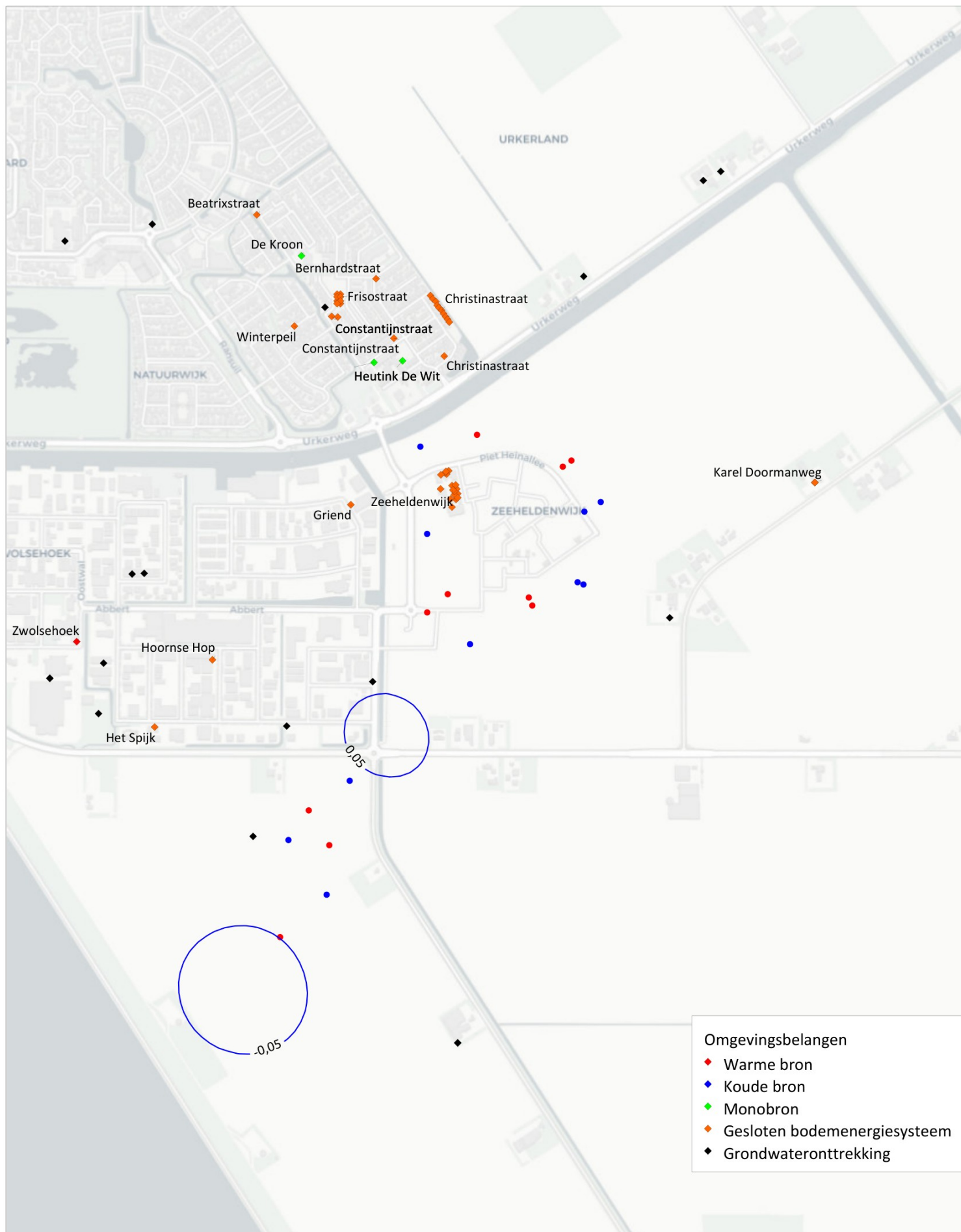
Figuur: 2.2

Stadium: effectenstudie

Referentie: PR10063/PW Getek.: ■

Form.: A4





0 m 250 m 500 m 750 m

Project: Bodemenergie Energienet Urk

Datum: A: 18-12-2024
B:

Onderwerp: Berekende maximale grondwaterstandsverandering [m]
Fase 1

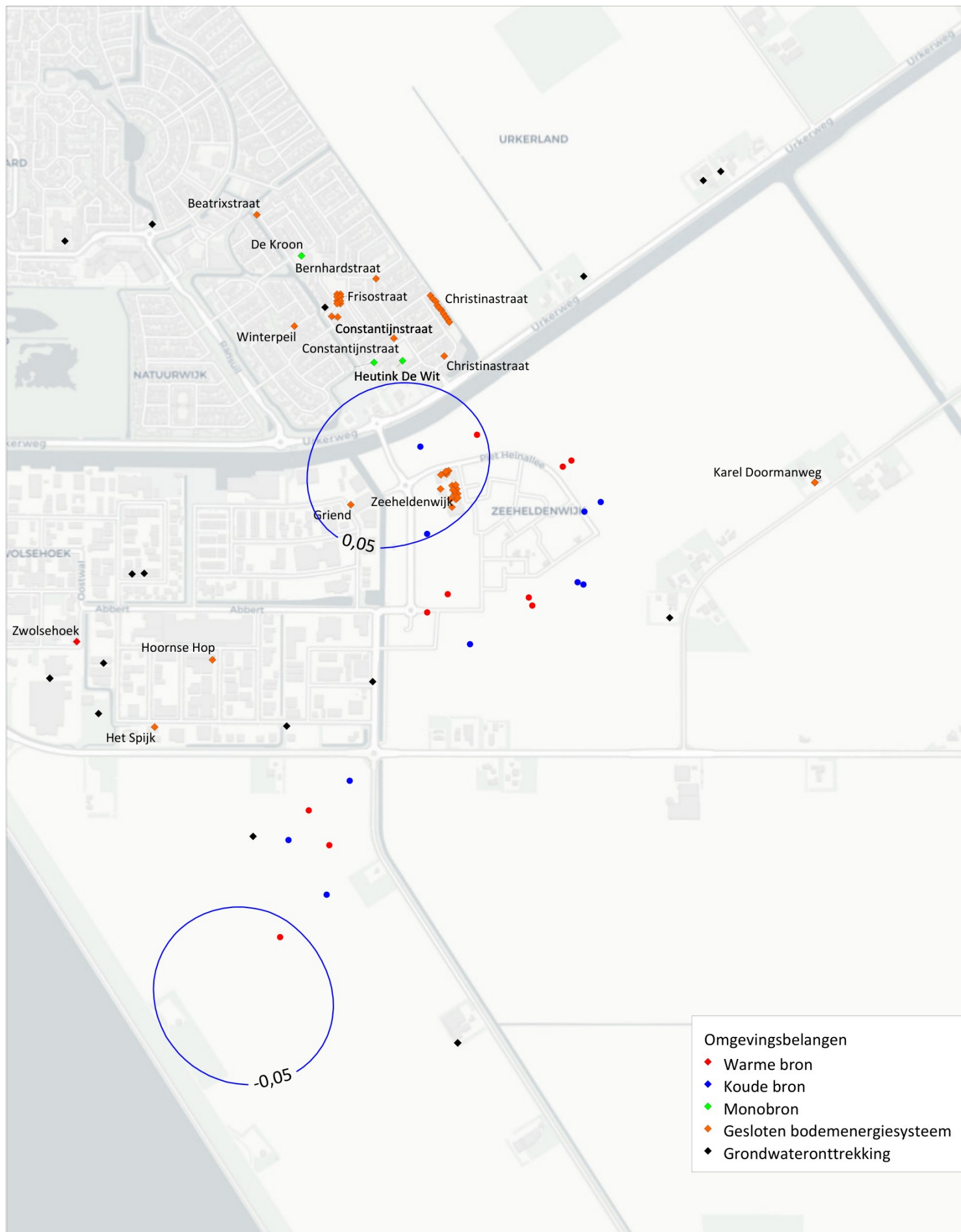
Figuur: 3.1

Stadium: effectenstudie

Referentie: PR10063/PW Getek.:

Form.: A4





0 m 250 m 500 m 750 m

Project: Bodemenergie Energienet Urk

Datum: A: 18-12-2024
B:

Onderwerp: Berekende maximale grondwaterstandsverandering [m]
Fase 2

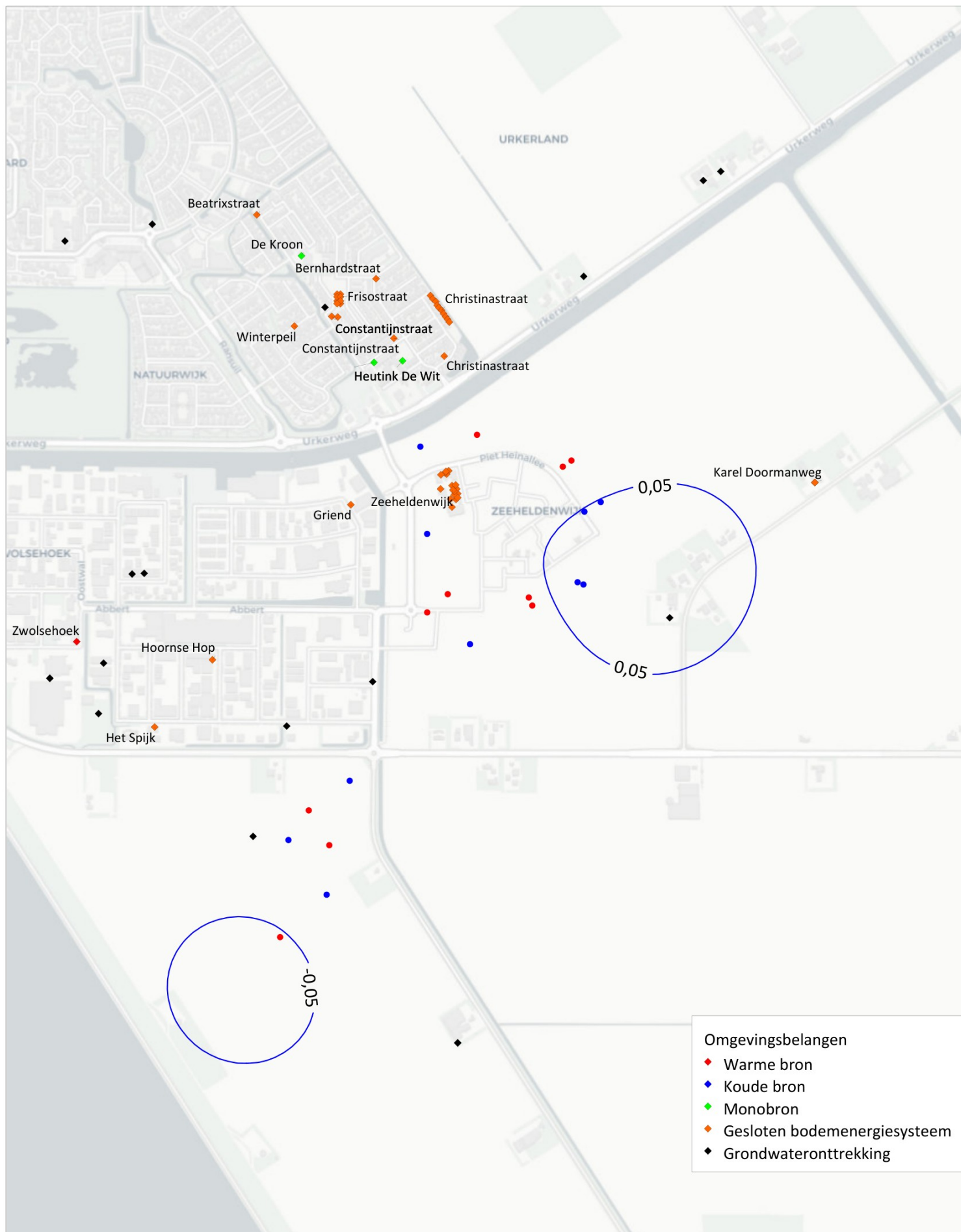
Figuur: 3.2

Stadium: effectenstudie

Referentie: PR10063/PW Getek.:

Form.: A4





0 m 250 m 500 m 750 m

Project: Bodemenergie Energienet Urk

Datum: A: 18-12-2024
B:

Onderwerp: Berekende maximale grondwaterstandsverandering [m]
Fase 3

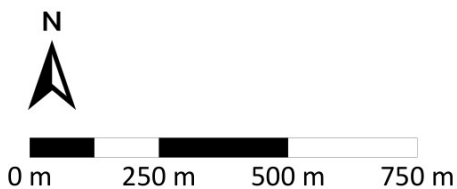
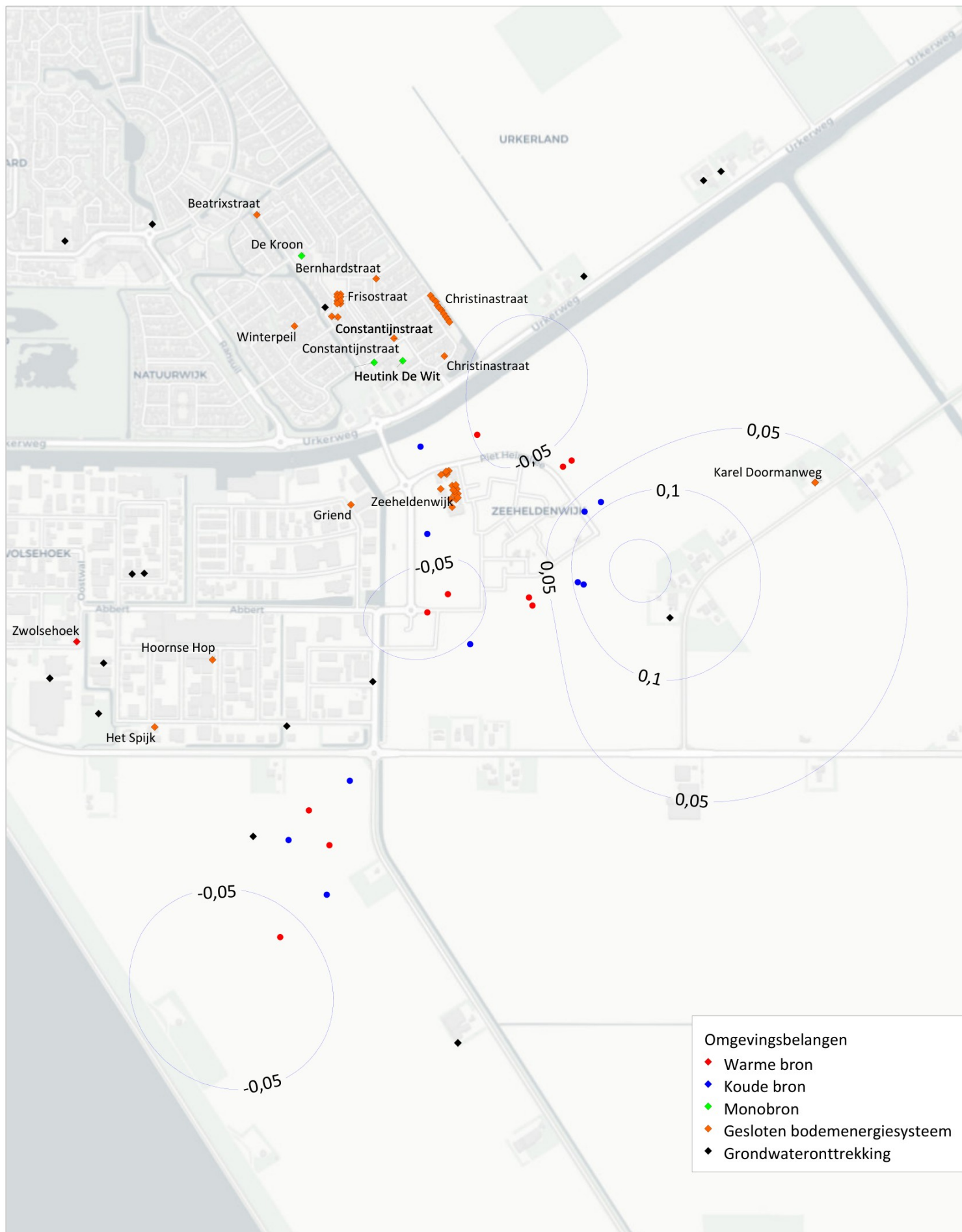
Figuur: 3.3

Stadium: effectenstudie

Referentie: PR10063/PW Getek.: ■

Form.: A4





Project: Bodemenergie Energienet Urk

Datum: A: 18-12-2024
B:

Onderwerp: Berekende maximale grondwaterstandsverandering [m]

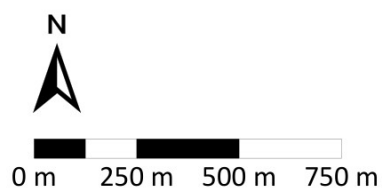
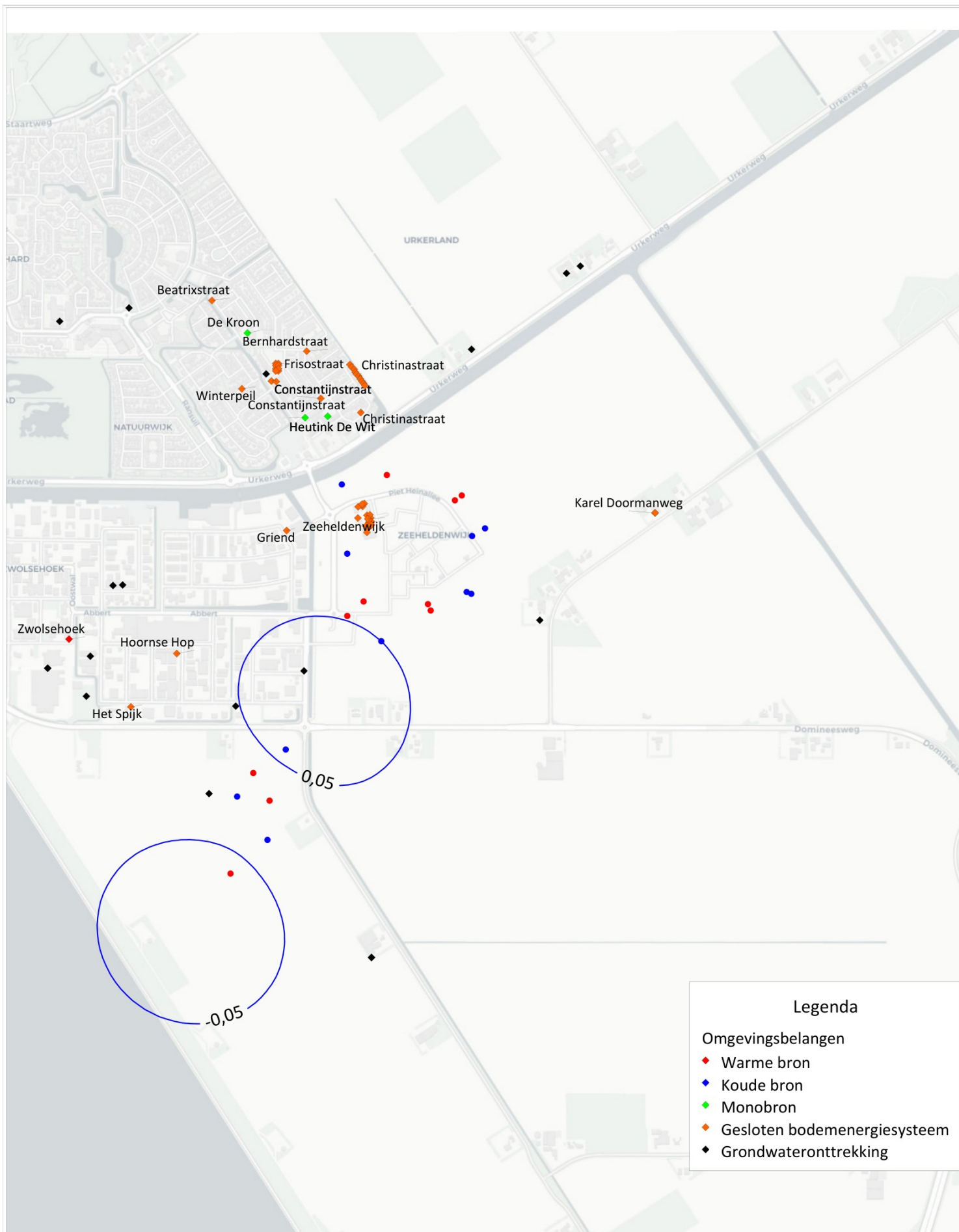
Figuur: 3.4

Stadium: effectenstudie

Referentie: PR10063/PW Getek.: ■

Form.: A4





Project: Bodemenergie Energienet Urk

Datum: A: 18-12-2024
B:

Onderwerp: Berekende maximale stijghoogteverandering
in het eerste watervoerende pakket Fase 1 [m]

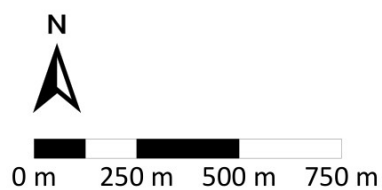
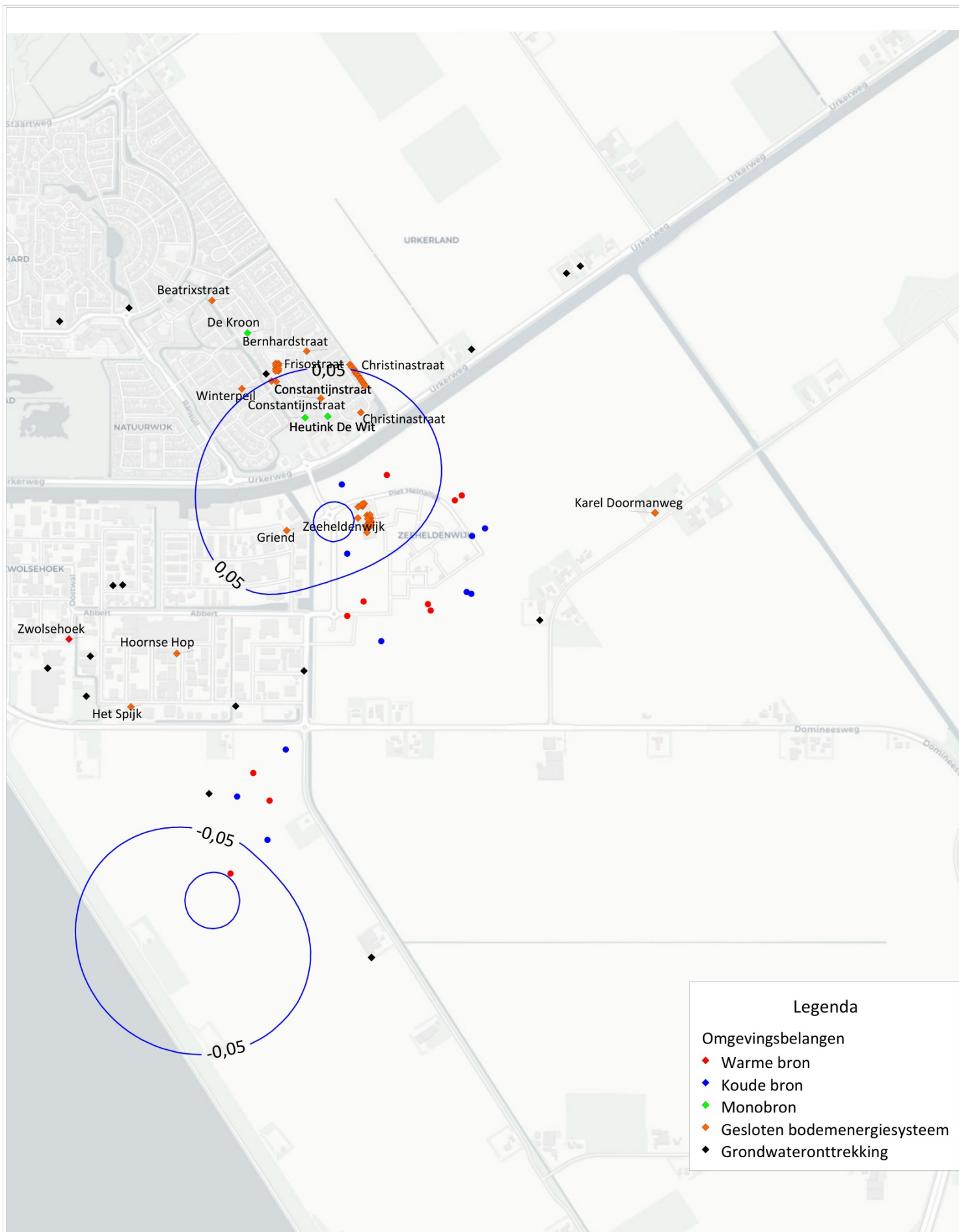
Figuur: 3.5

Stadium: effectenstudie

Referentie: PR10063/PW Getek.:

Form.: A4





Project: Bodemenergie Energienet Urk

Datum: A: 18-12-2024
B:

Onderwerp: Berekende maximale stijghoogteverandering
in het eerste watervoerende pakket Fase 2 [m]

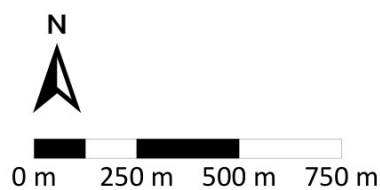
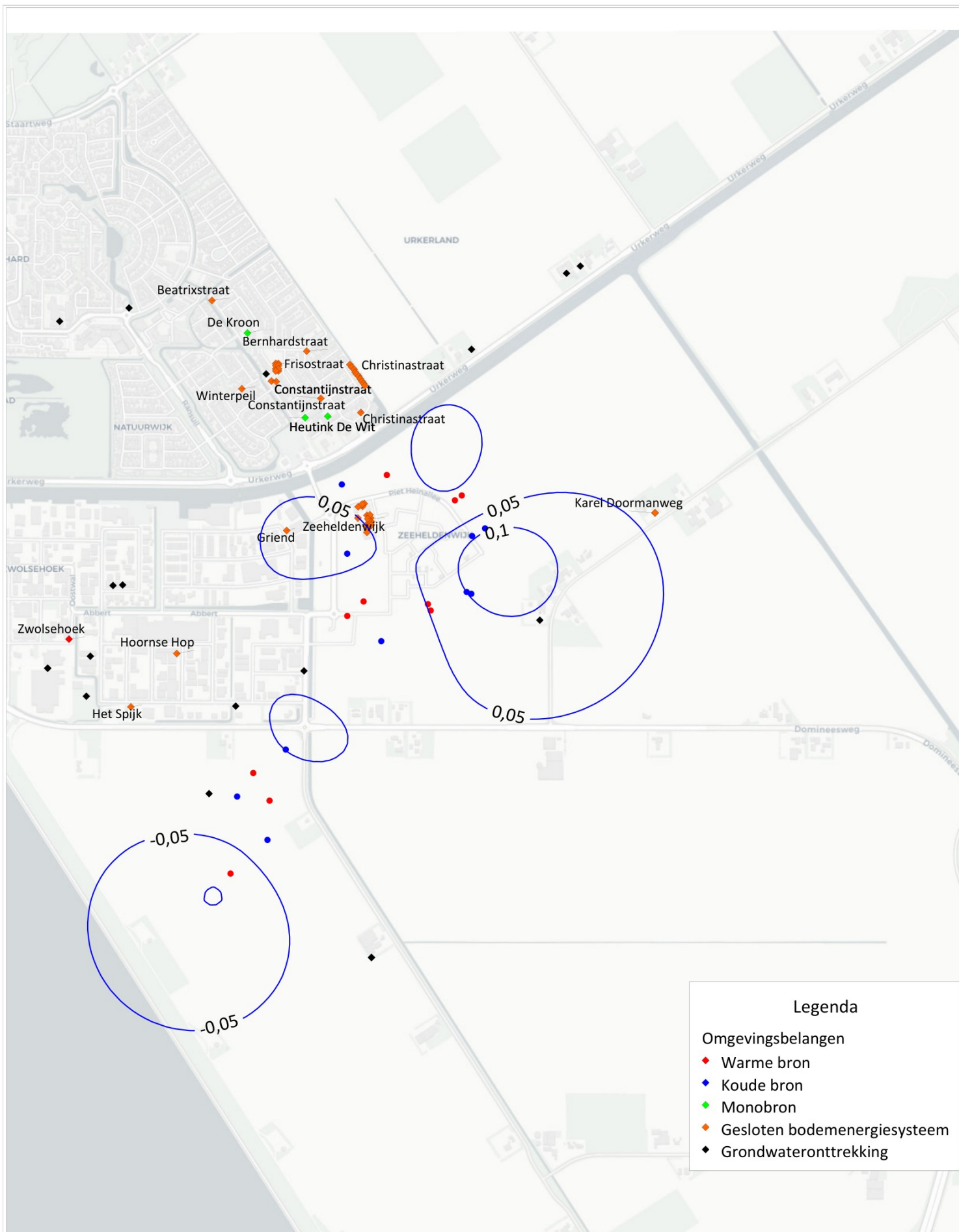
Figuur: 3.6

Stadium: effectenstudie

Referentie: PR10063/PW Getek.:

Form.: A4





Project: Bodemenergie Energienet Urk

Datum: A: 18-12-2024
B:

Onderwerp: Berekende maximale stijghoogteverandering
in het eerste watervoerende pakket Fase 3 [m]

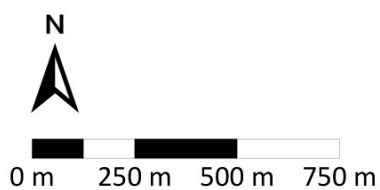
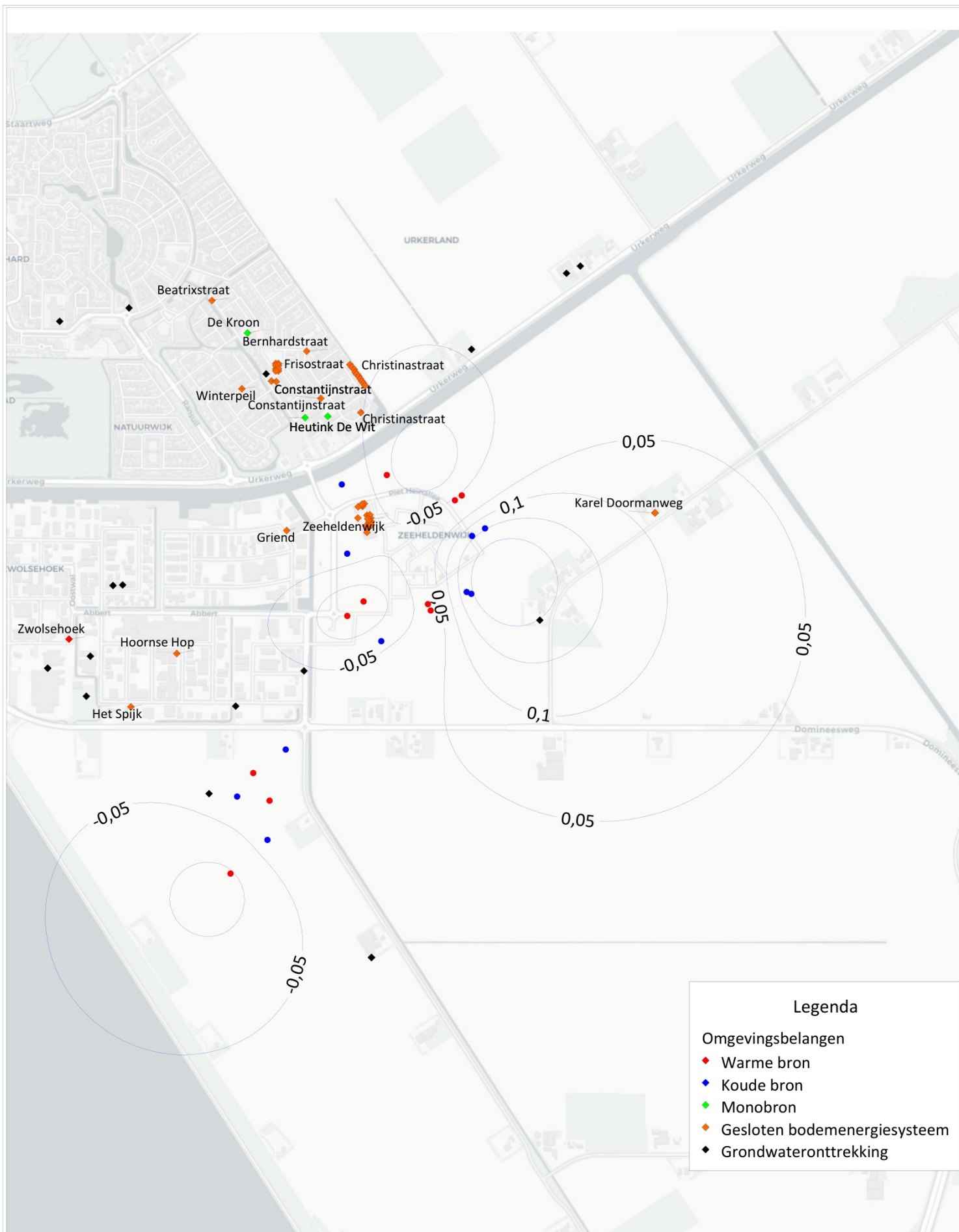
Figuur: 3.7

Stadium: effectenstudie

Referentie: PR10063/PW Getek.: ■

Form.: A4





Project: Bodemenergie Energienet Urk

Datum: A: 18-12-2024
B:

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

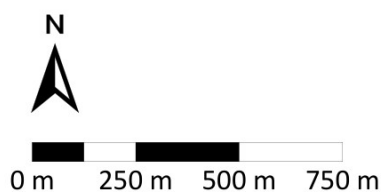
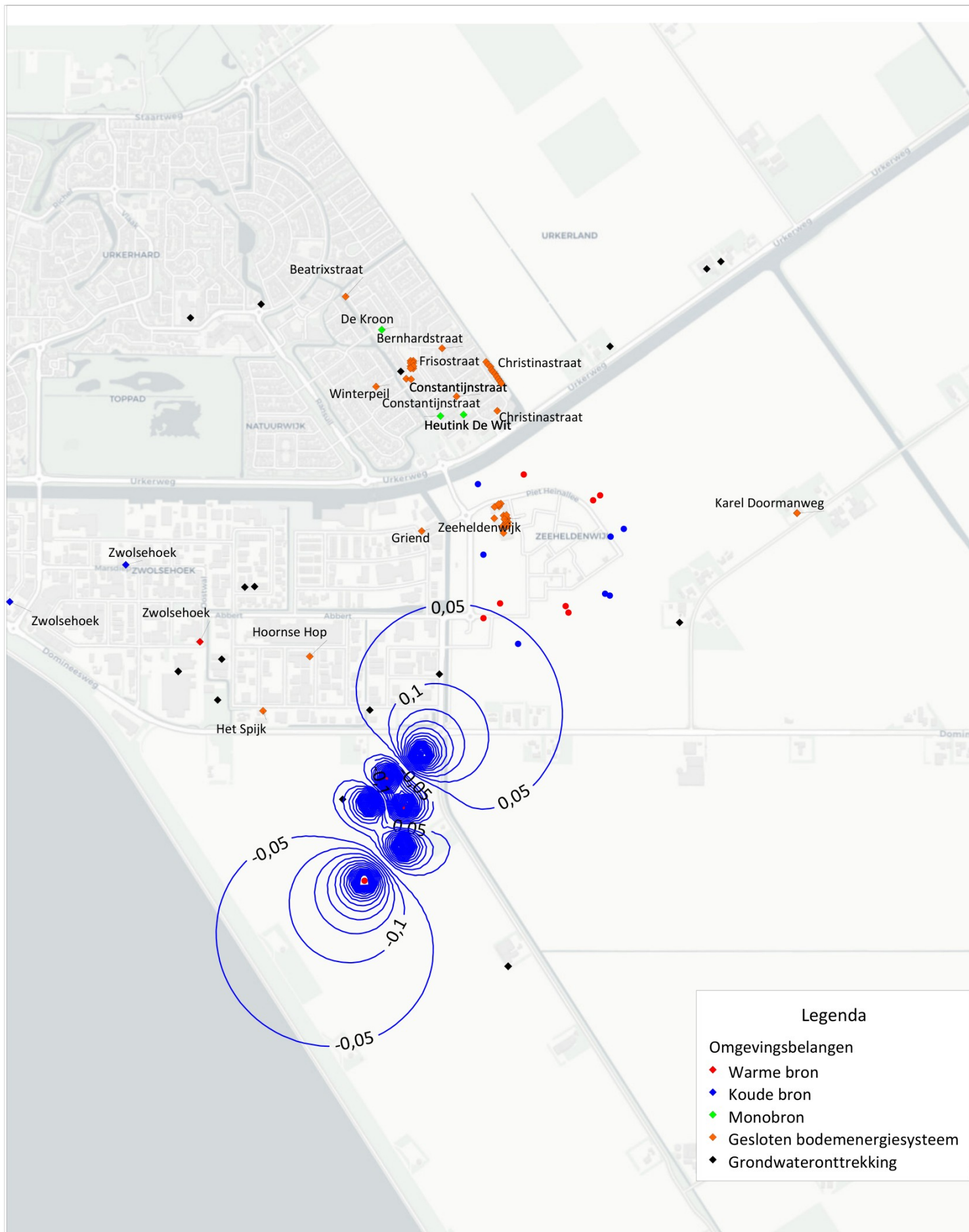
Figuur: 3.8

Stadium: effectenstudie

Referentie: PR10063/PW Getek.: ■

Form.: A4





Project: Bodemenergie Energienet Urk

Datum: A: 18-12-2024
B:

Onderwerp: Berekende maximale stijghoogteverandering
in het opslagpakket Fase 1 [m]

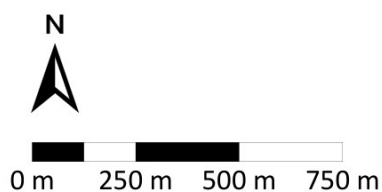
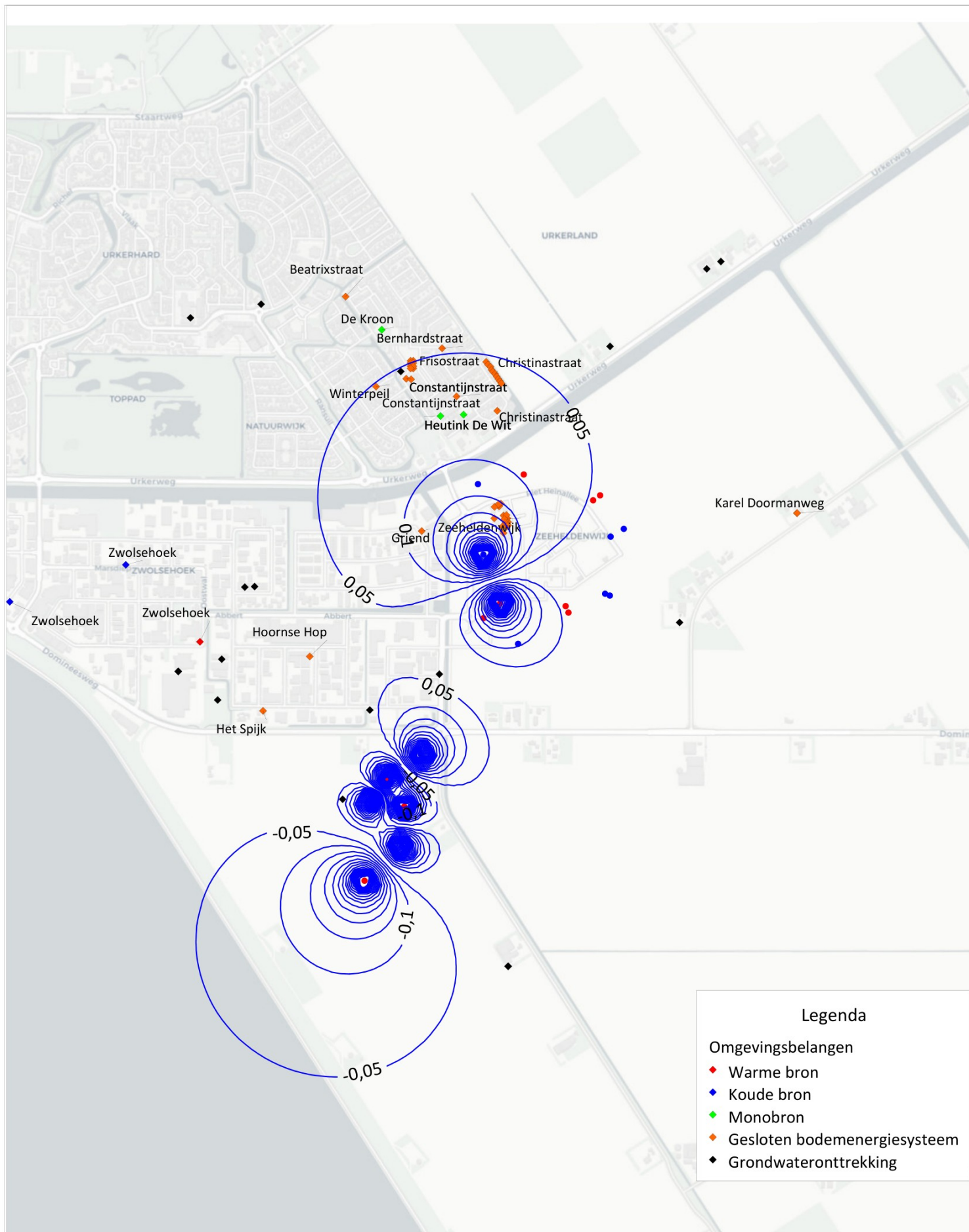
Figuur: 3.9

Stadium: effectenstudie

Referentie: PR10063/PW Getek.:

Form.: A4





Project: Bodemenergie Energienet Urk

Datum: A: 18-12-2024
B:

Onderwerp: Berekende maximale stijghoogteverandering
in het opslagpakket Fase 2 [m]

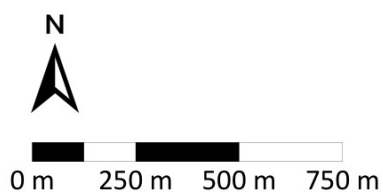
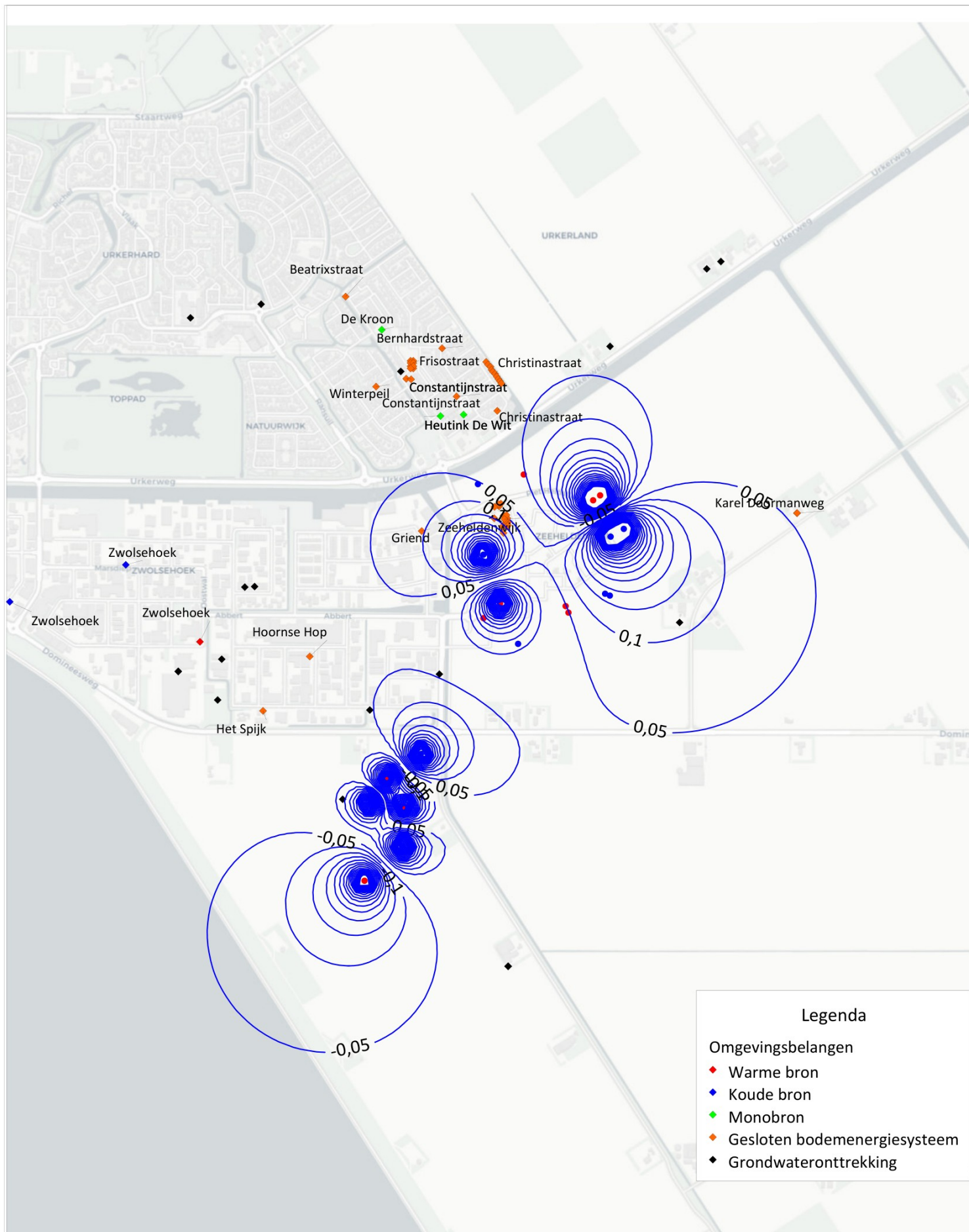
Figuur: 3.10

Stadium: effectenstudie

Referentie: PR10063/PW Getek.:

Form.: A4





Project: Bodemenergie Energienet Urk

Datum: A: 18-12-2024
B:

Onderwerp: Berekende maximale stijghoogteverandering
in het opslagpakket Fase 3 [m]

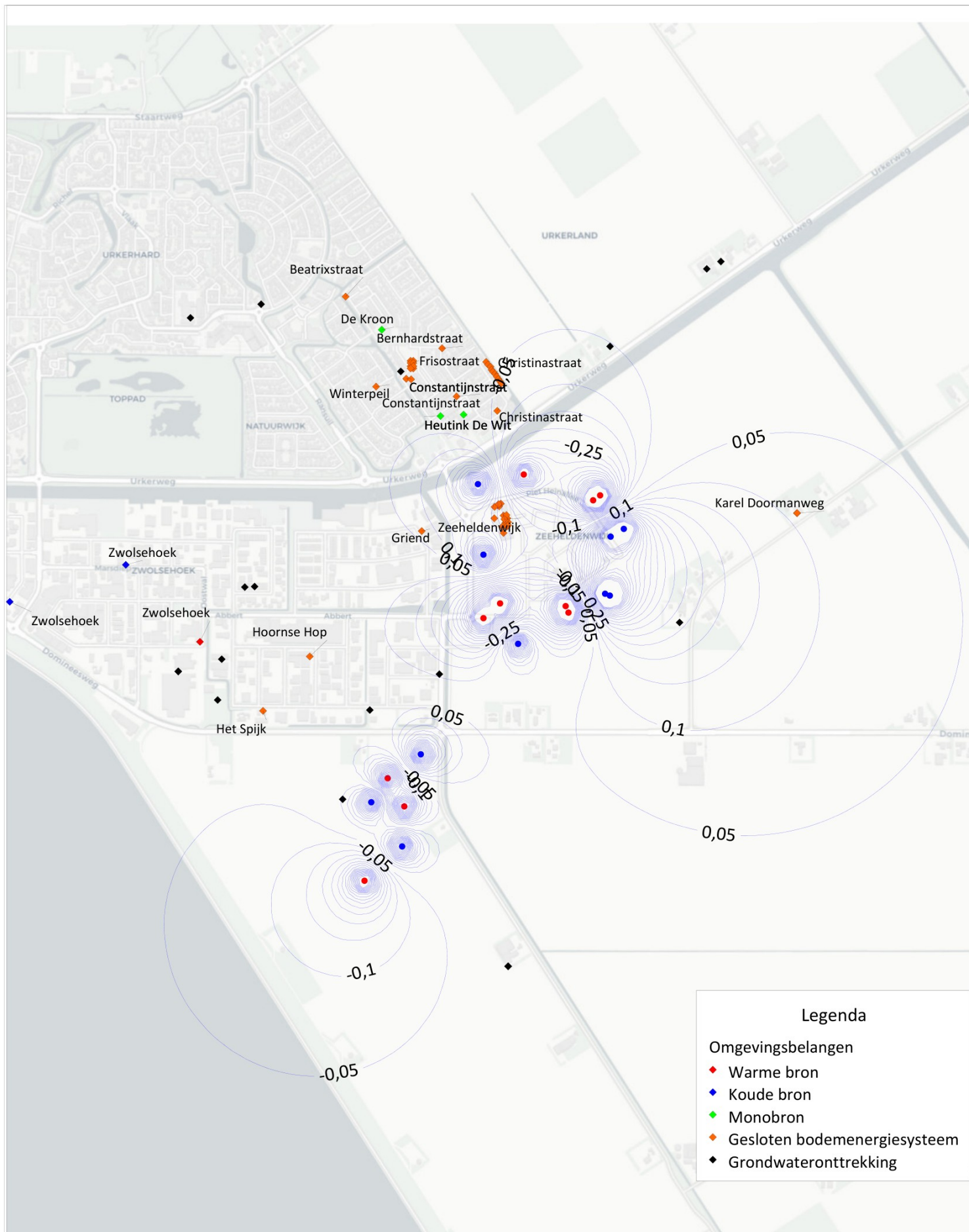
Figuur: 3.11

Stadium: effectenstudie

Referentie: PR10063/PW Getek.:

Form.: A4





Legenda

Omgevingsbelangen

Warme bron

Koude bron

Monobron

Gesloten bodemenergiesysteem

Grondwateronttrekking

N

0 m 250 m 500 m 750 m

Project: Bodemenergie Energienet Urk

Onderwerp: Berekende maximale stijghoogteverandering in het opslagpakket [m]

Figuur: 3.12

Referentie: PR10063/PW Getek.:

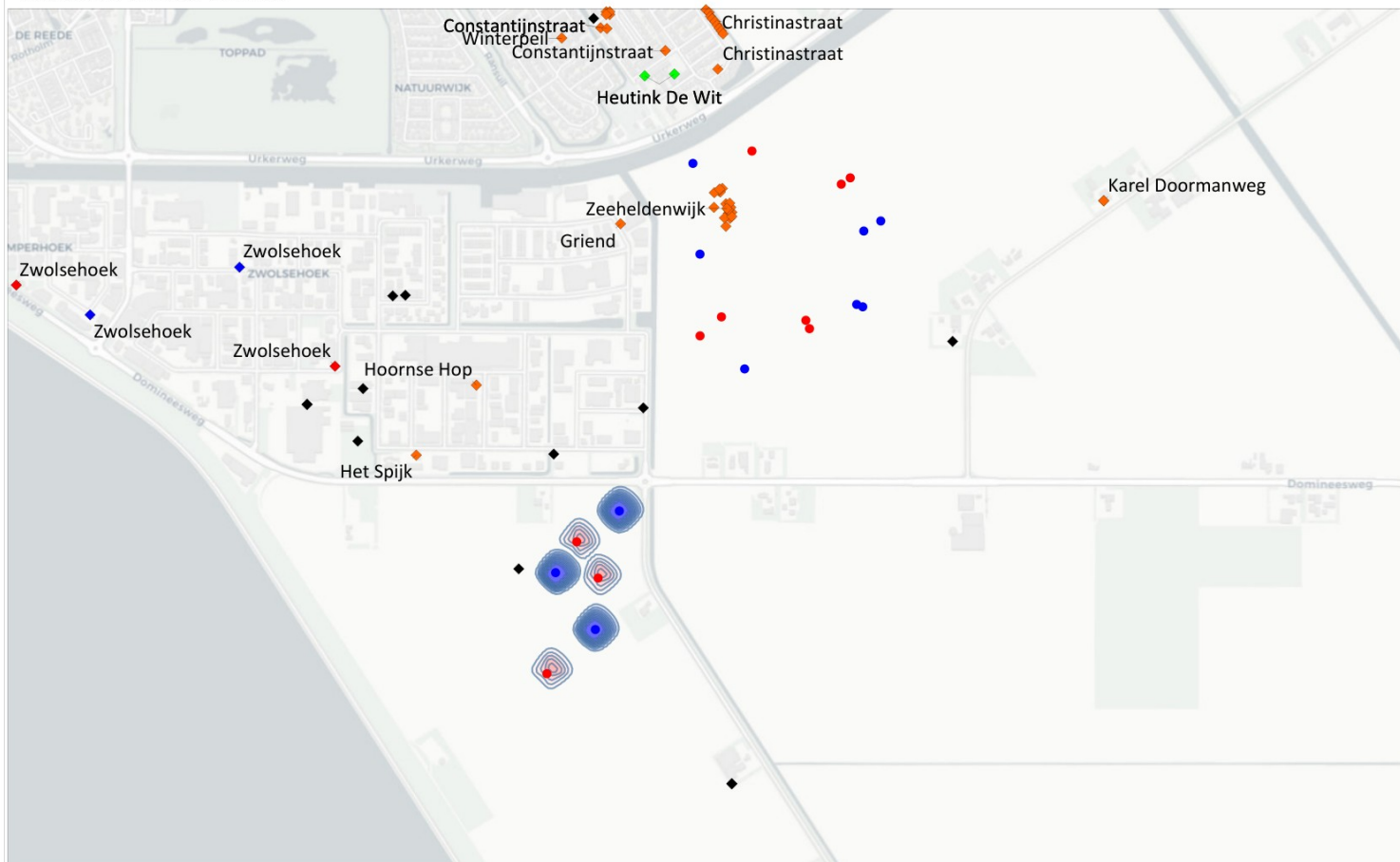
Datum: A: 18-12-2024
B:

Stadium: effectenstudie

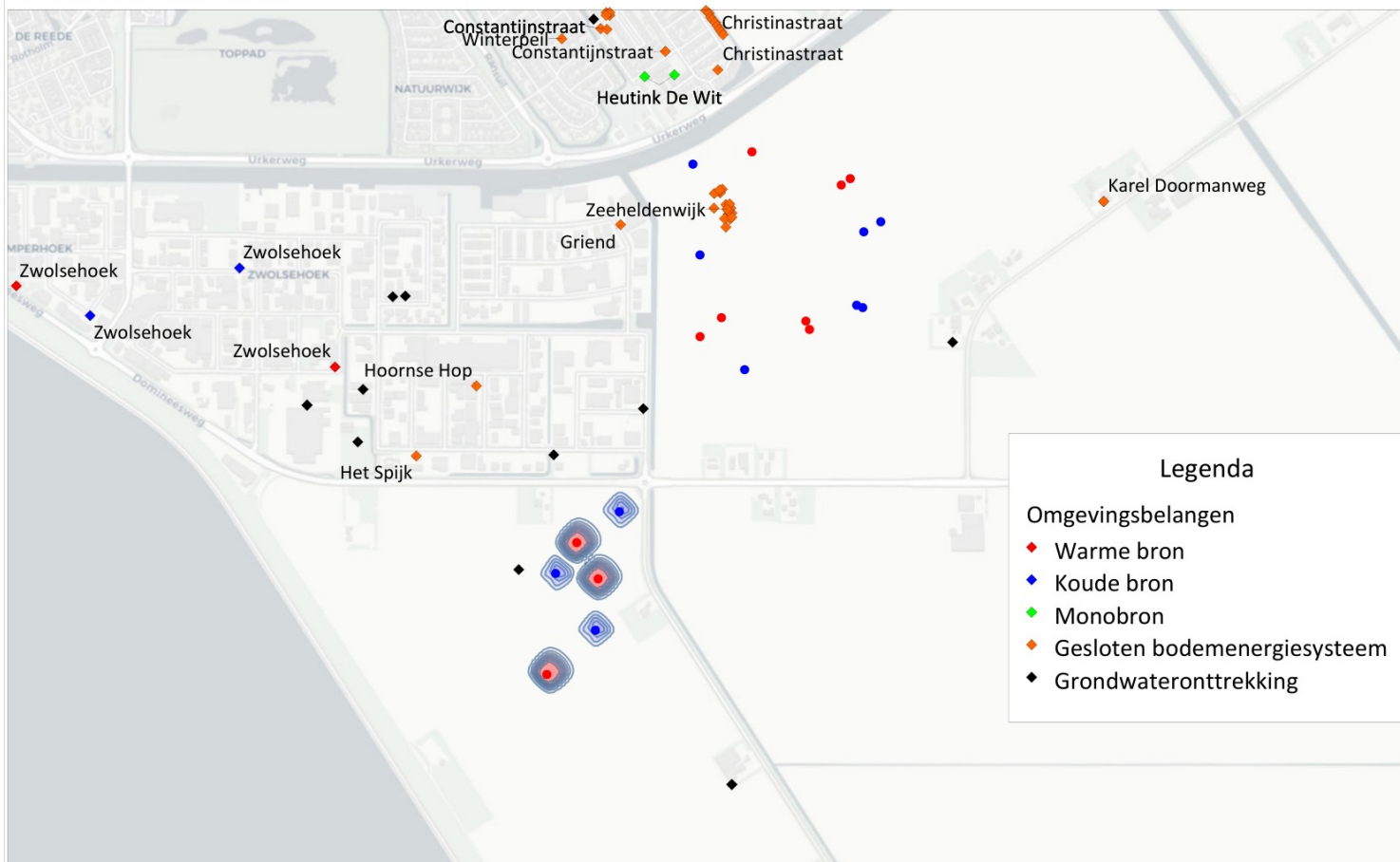
Form.: A4

if

situatie einde winter



situatie einde zomer



Legenda

Omgevingsbelangen

- ◆ Warme bron
- ◆ Koude bron
- ◆ Monobron
- ◆ Gesloten bodemenergiesysteem
- ◆ Grondwateronttrekking



0 m 500 m 1000 m

Project: Bodemenergie Energienet Urk

Datum: A: 18-12-2024
B:

Onderwerp: Berekende temperaturen in het opslagpakket Fase 1 [°C]

Figuur: 3.13

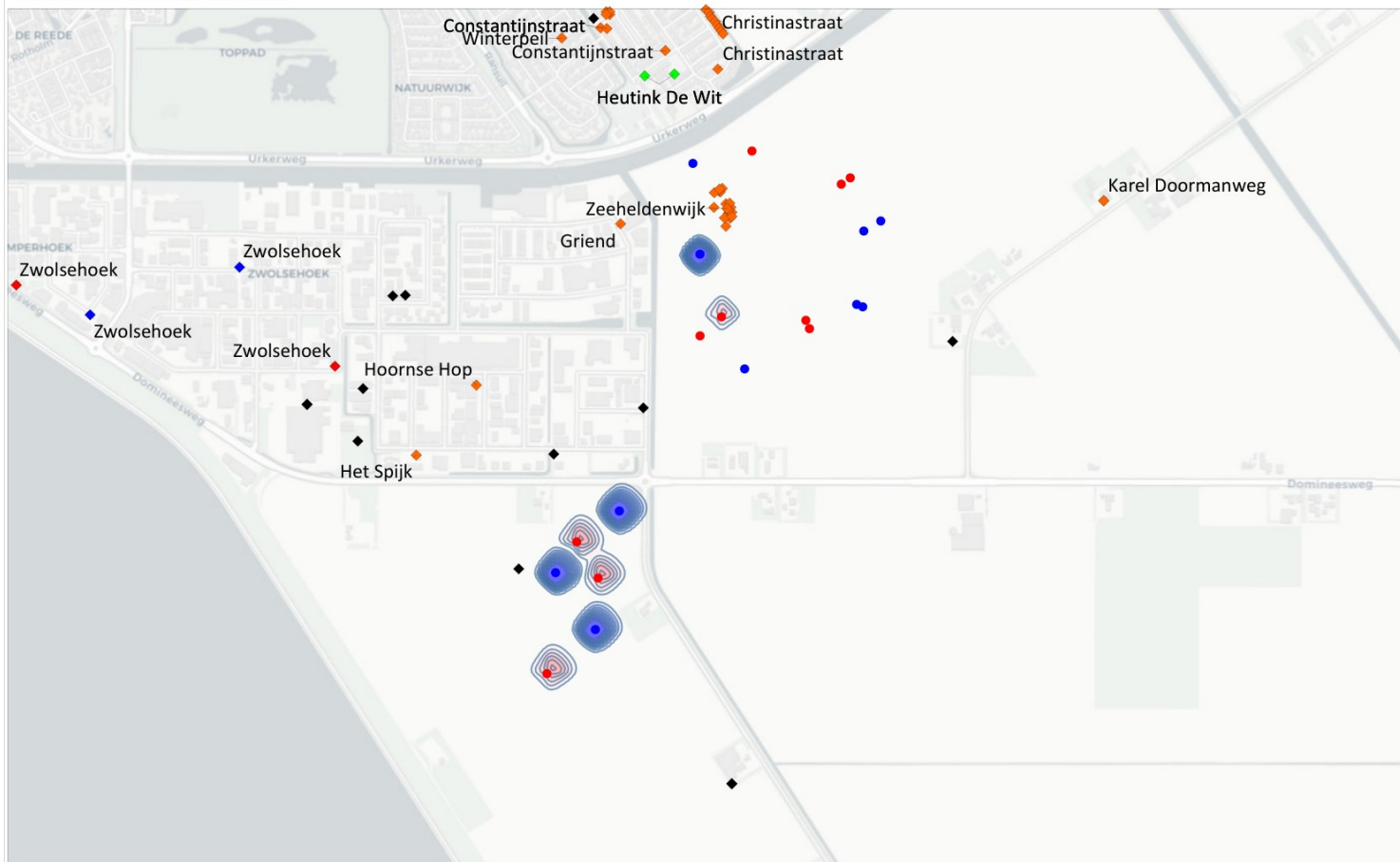
Stadium: effectenstudie

Referentie: PR10063/PW Getek.: ■

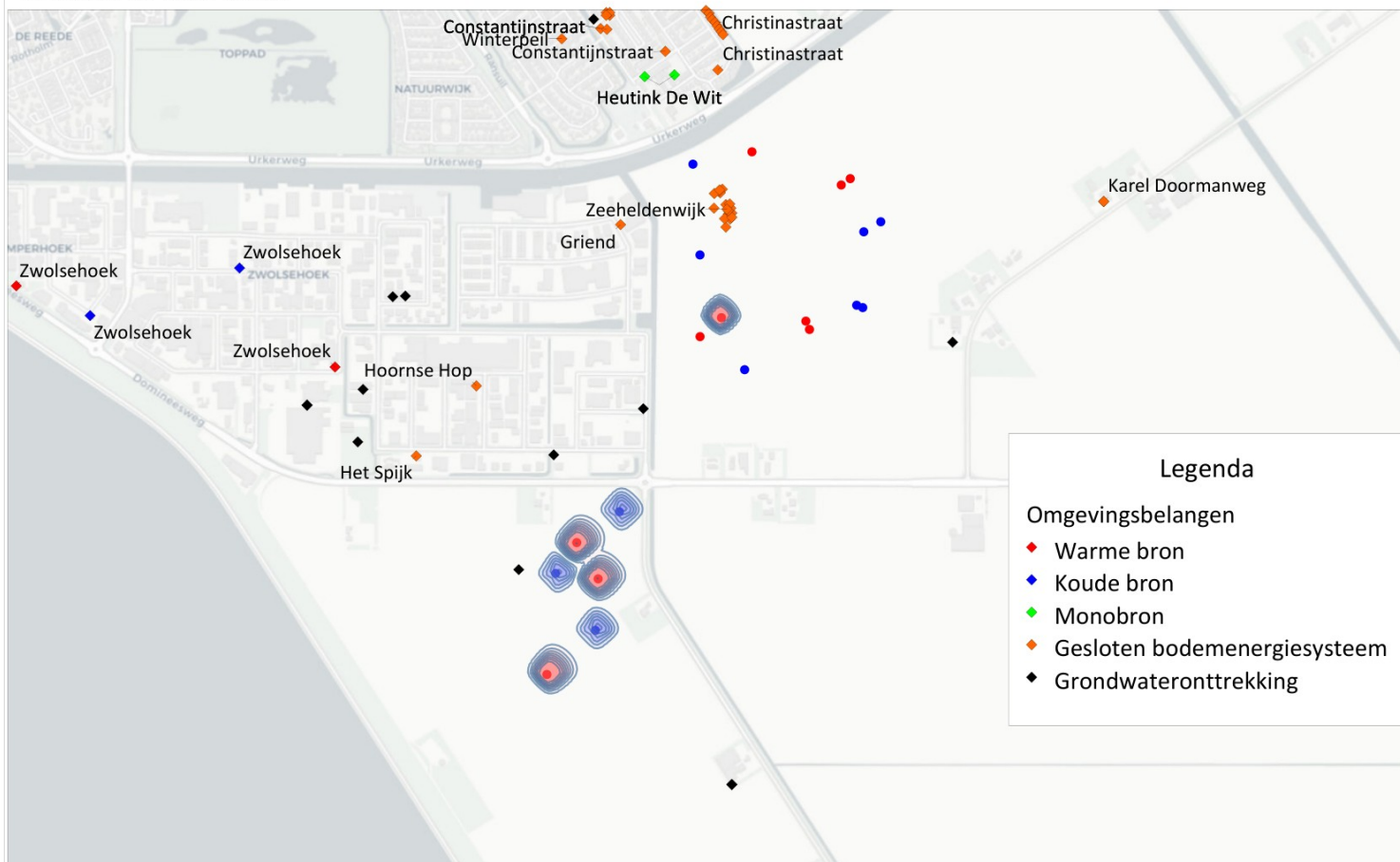
Form.: A4



situatie einde winter



situatie einde zomer



Legenda

Omgevingsbelangen

- ♦ Warme bron
- ♦ Koude bron
- ♦ Monobron
- ♦ Gesloten bodemenergiesysteem
- ♦ Grondwateronttrekking



0 m 500 m 1000 m

Project: Bodemenergie Energienet Urk

Datum: A: 18-12-2024
B:

Onderwerp: Berekende temperaturen in het opslagpakket Fase 2 [°C]

Figuur: 3.14

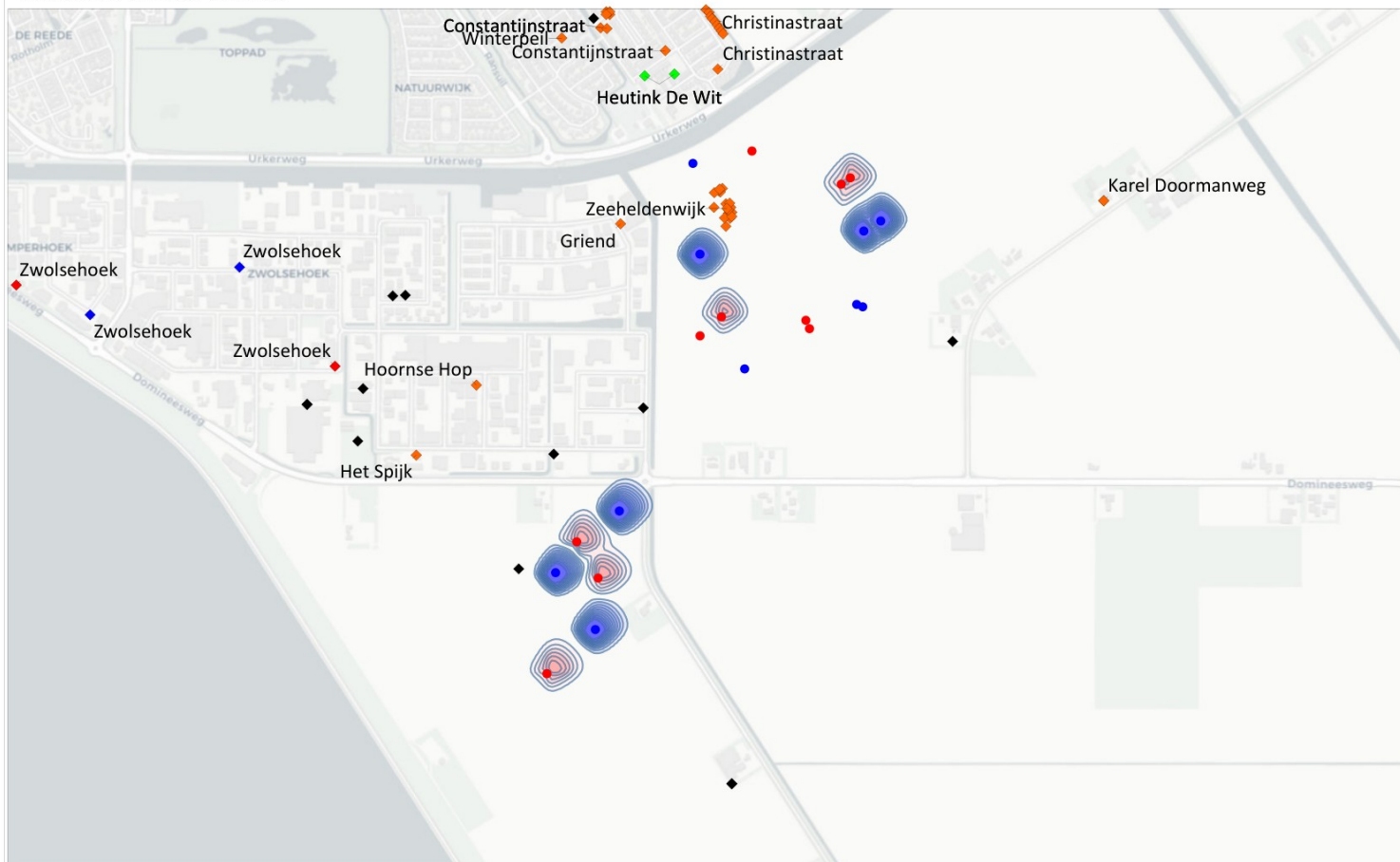
Stadium: effectenstudie

Referentie: PR10063/PW Getek.: ■

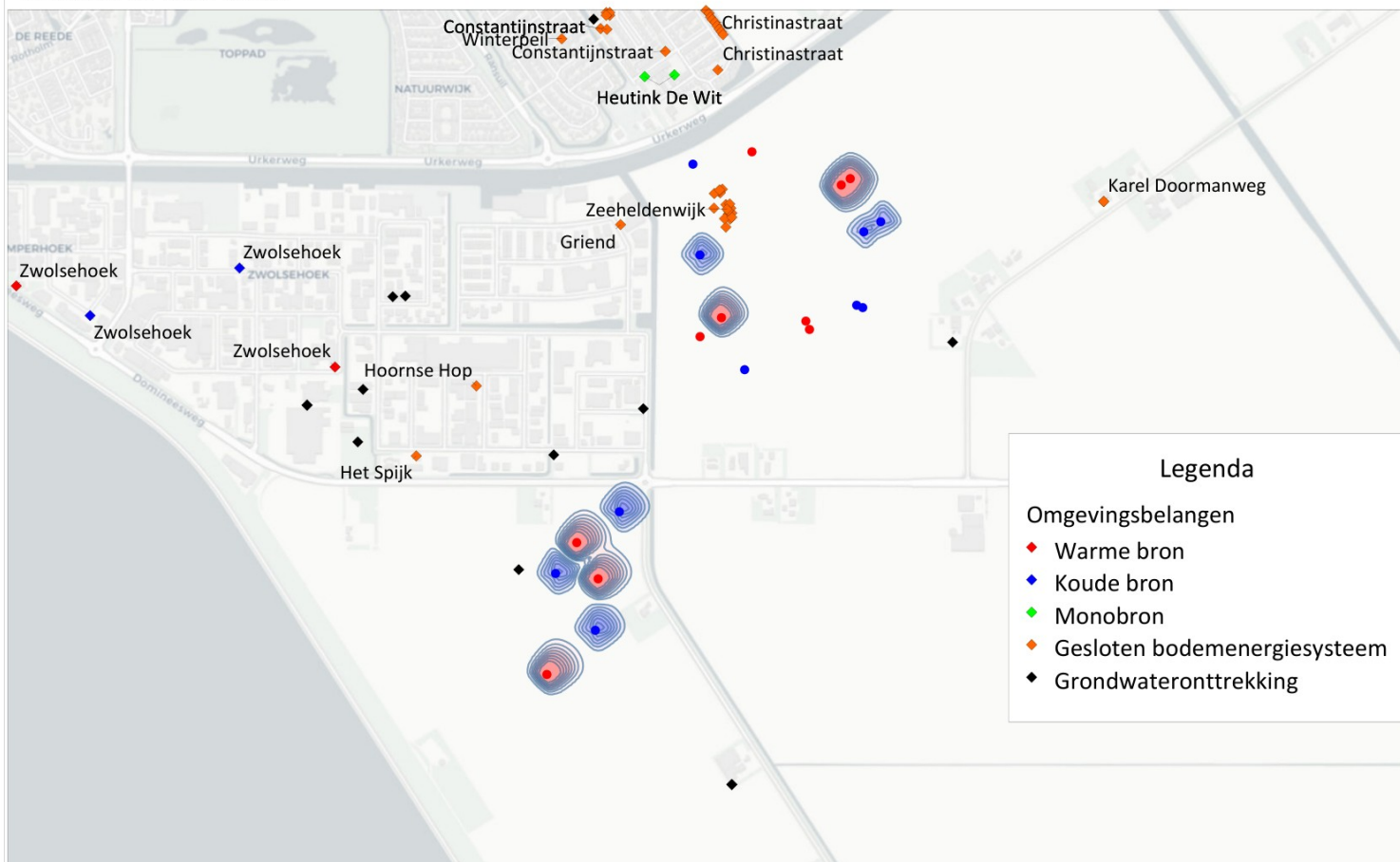
Form.: A4



situatie einde winter



situatie einde zomer



Legenda

Omgevingsbelangen

- ◆ Warme bron
- ◆ Koude bron
- ◆ Monobron
- ◆ Gesloten bodemenergiesysteem
- ◆ Grondwateronttrekking



0 m 500 m 1000 m

Project: Bodemenergie Energienet Urk

Datum: A: 18-12-2024
B:

Onderwerp: Berekende temperaturen in het opslagpakket Fase 3 [°C]

Figuur: 3.15

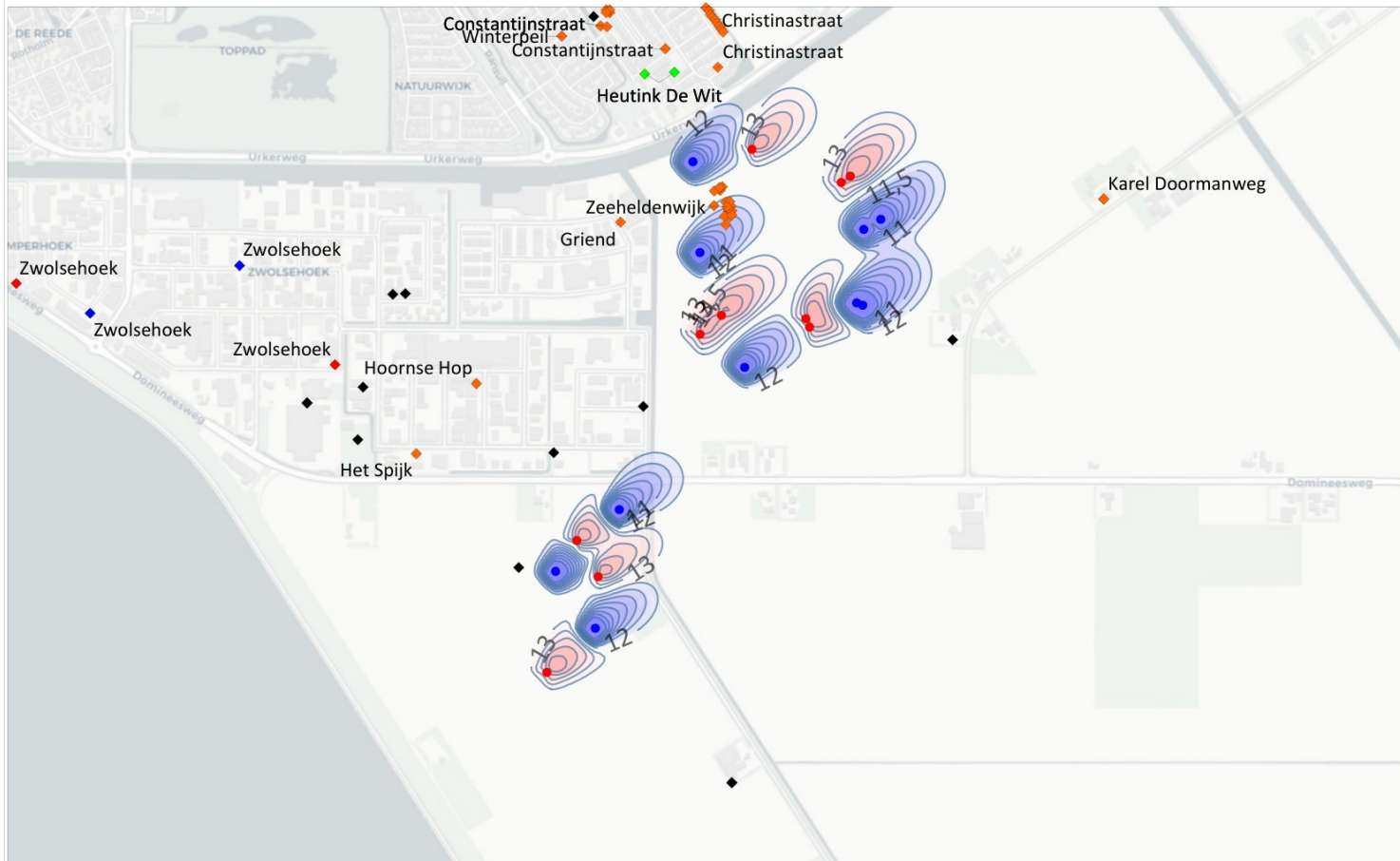
Stadium: effectenstudie

Referentie: PR10063/PW Getek.: ■

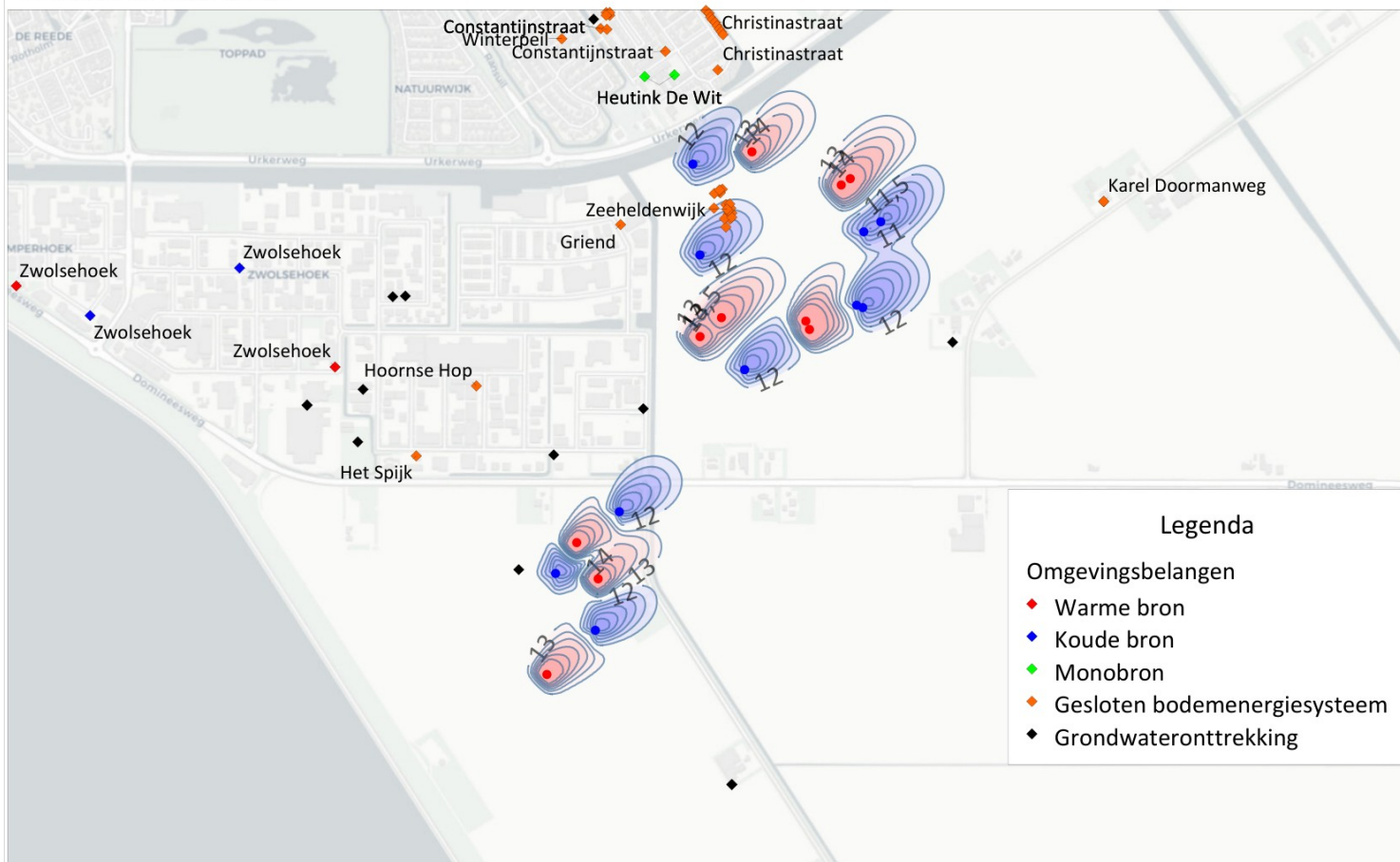
Form.: A4



situatie einde winter



situatie einde zomer



0 m 500 m 1000 m

Project: Bodemenergie Energienet Urk

Datum: A: 10-12-2024
B:

Onderwerp: Berekende temperaturen in het opslagpakket na 25 jaar energieopslag [°C]

Figuur: 3.16

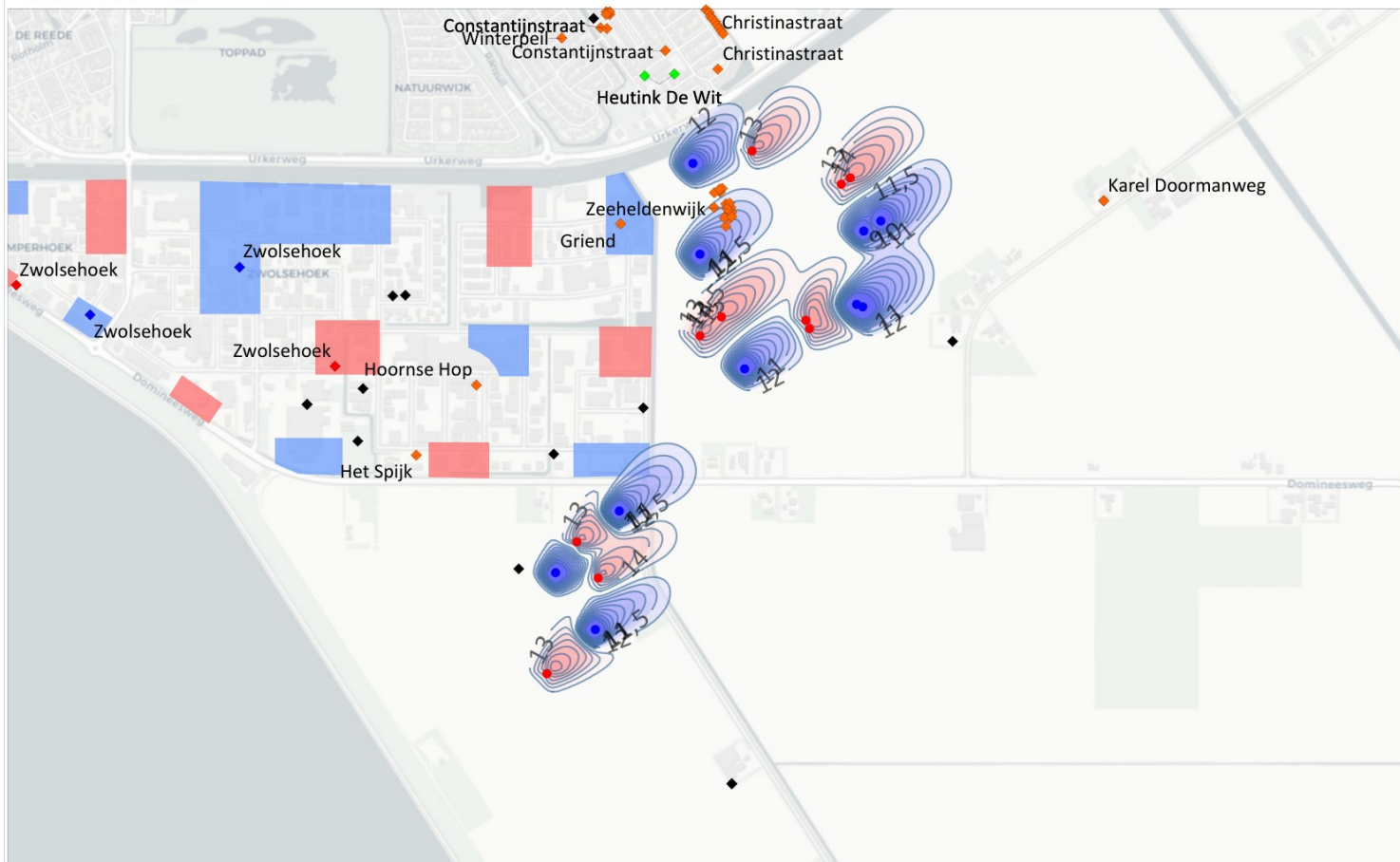
Stadium: effectenstudie

Referentie: PR10063/PW Getek.:

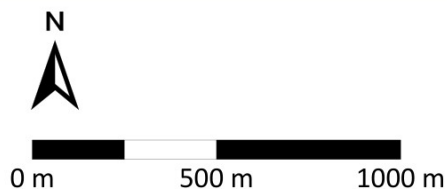
Form.: A4



situatie einde winter



situatie einde zomer



Project: Bodemenergie Energienet Urk

Datum: A: 18-12-2024
B:

Onderwerp: Thermische effecten ten opzichte van de zoekgebieden van bodemenergieplan Zwolsehoek

Figuur: 4.1

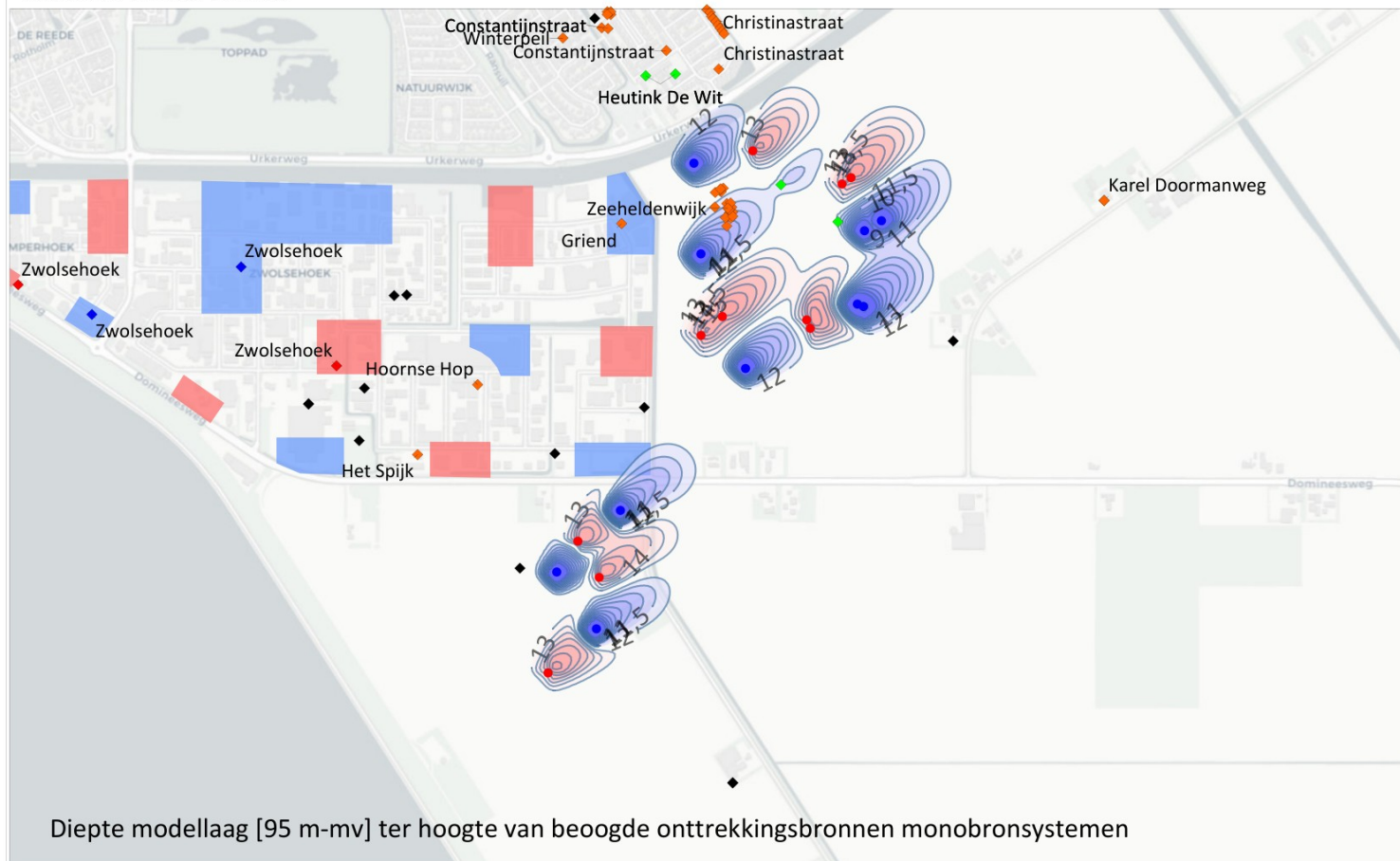
Stadium: effectenstudie

Referentie: PR10063/PW Getek.: ■

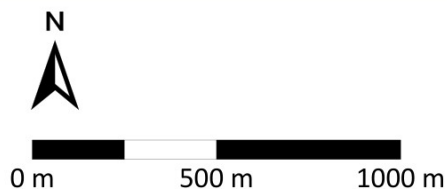
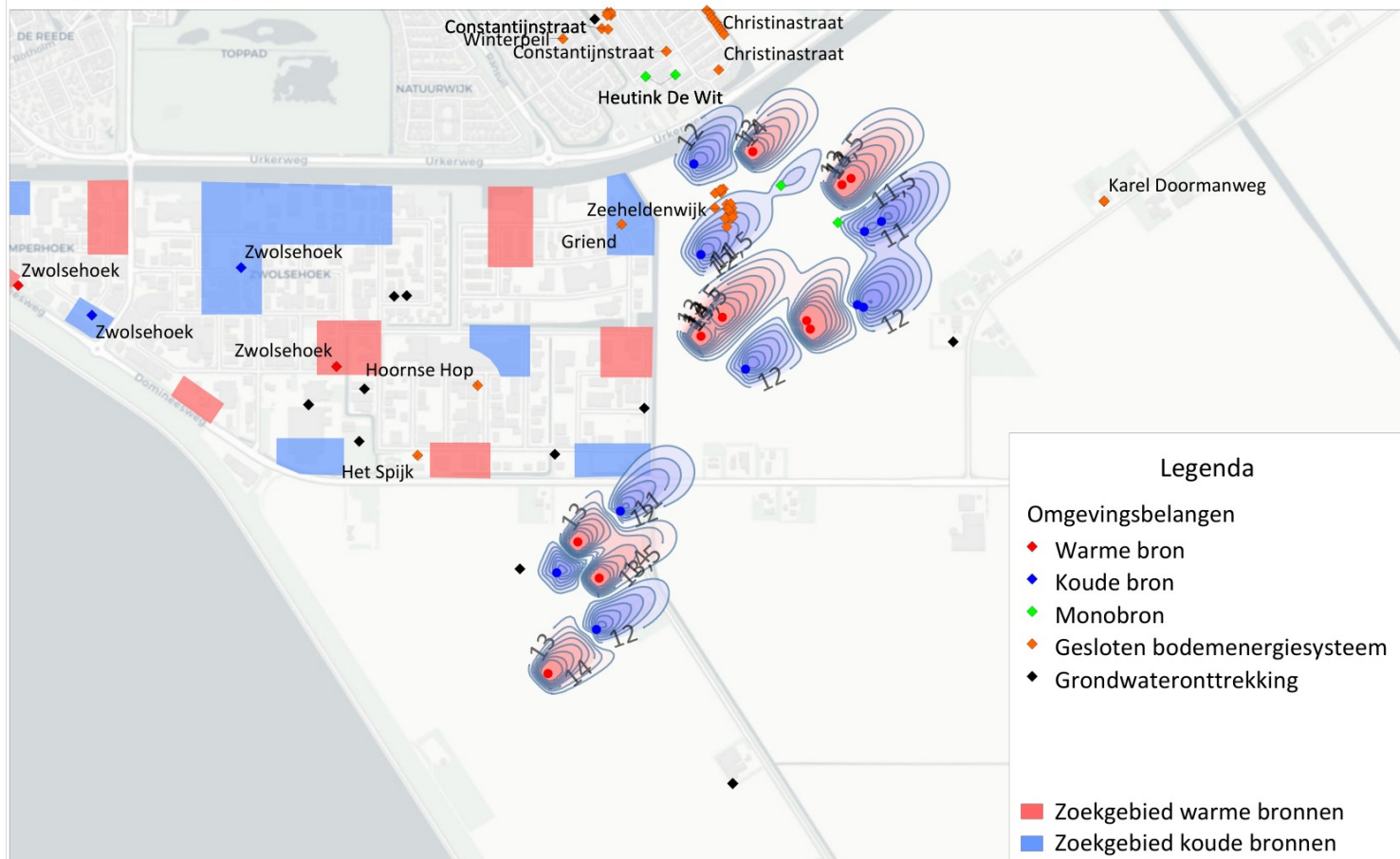
Form.: A4



situatie einde winter



situatie einde zomer



Project: Bodemenergie Energienet Urk

Datum: A: 07-04-2025
B:

Onderwerp: Thermische effecten ten opzichte van vergunde monobron systemen Piet Heinallee

Figuur: 4.2

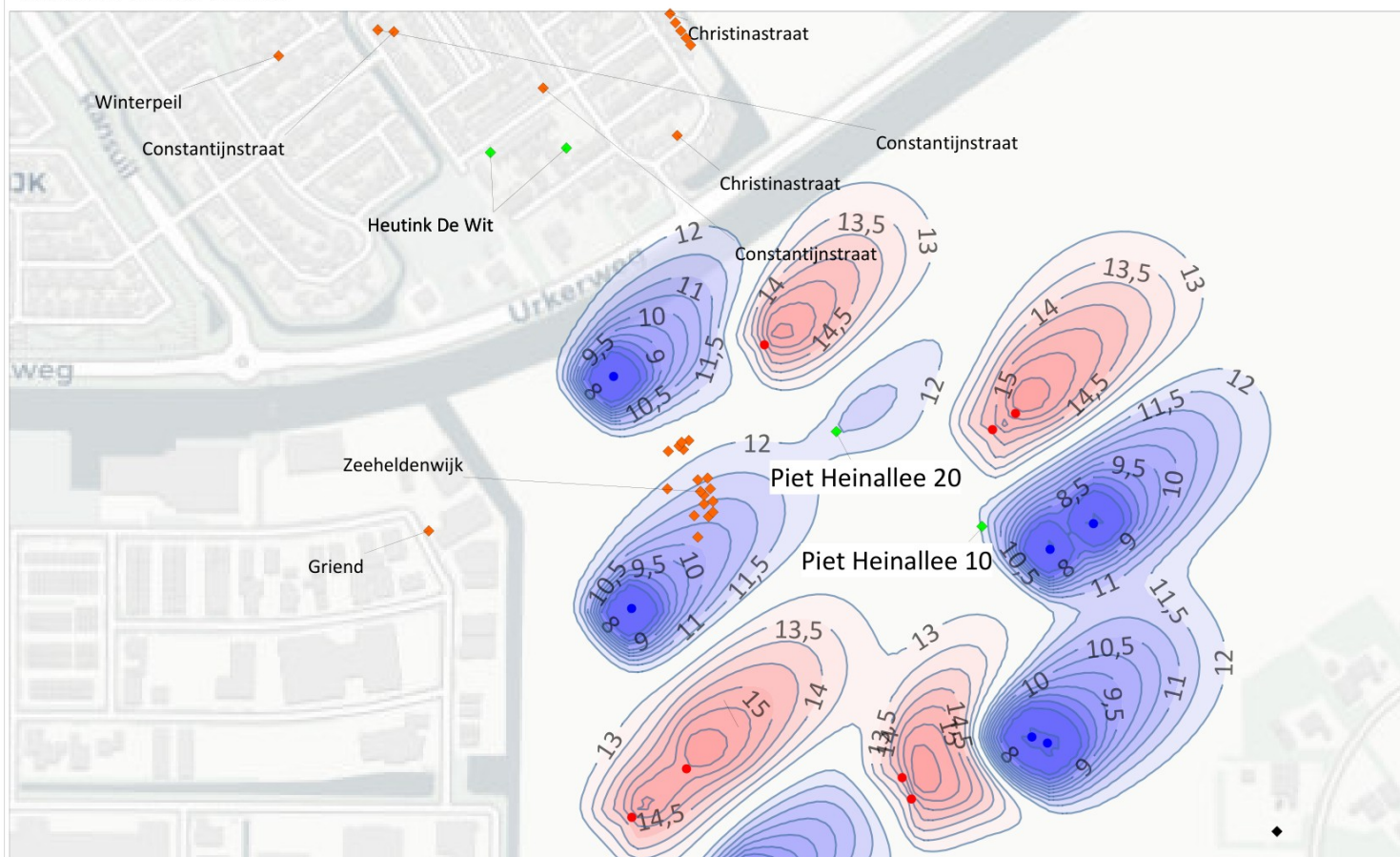
Stadium: effectenstudie

Referentie: PR10063/PW Getek.: ■

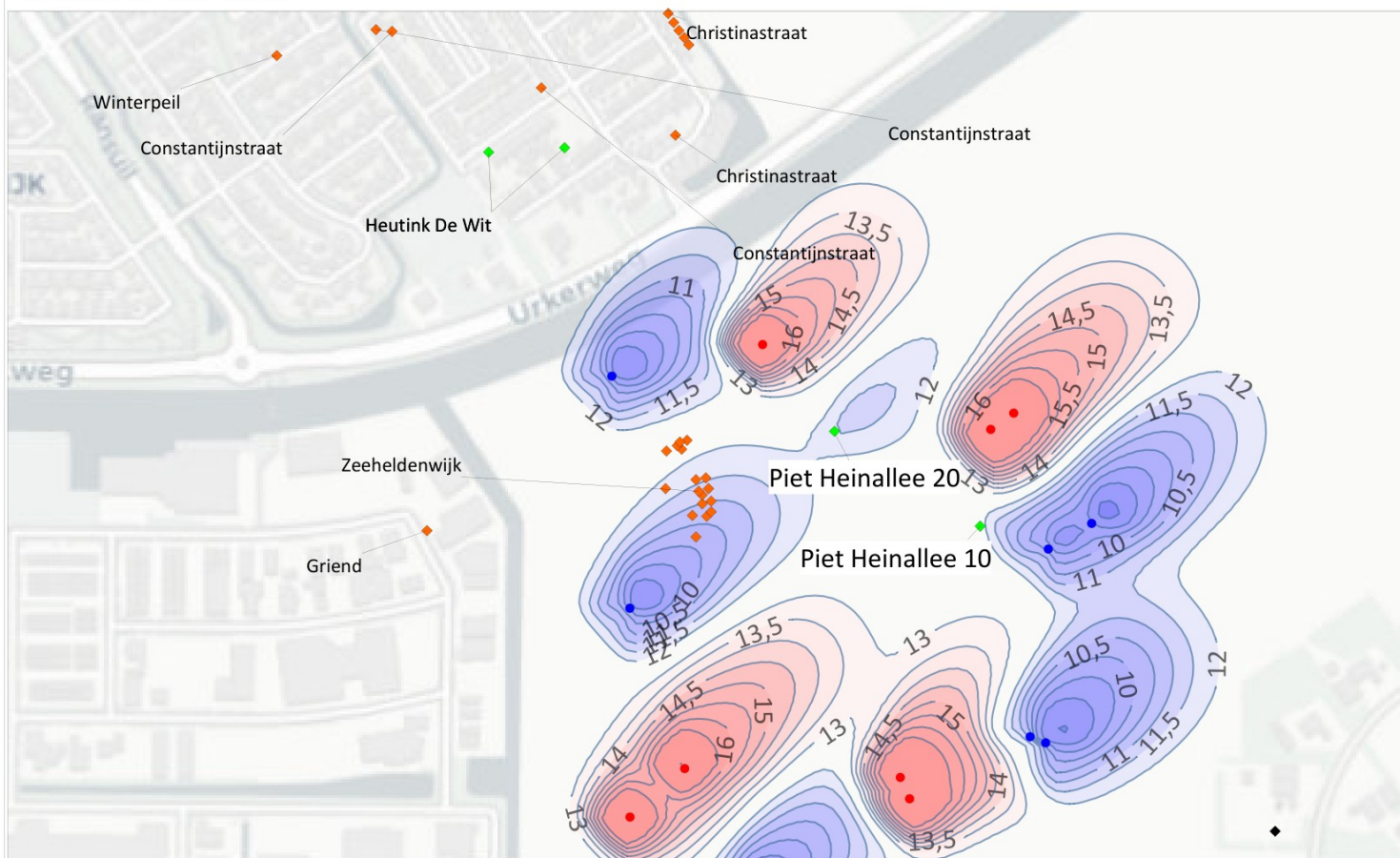
Form.: A4



situatie einde winter



situatie einde zomer




Project: Bodemenergie Energienet Urk

Datum: A: 07-04-2025
B:

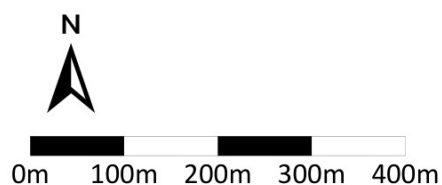
Onderwerp: Thermische effecten ten opzichte van vergunde monobron systemen Piet Heinallee ingezoomd

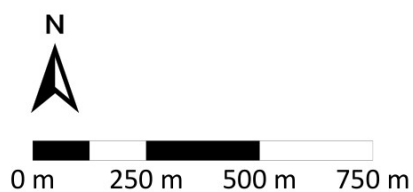
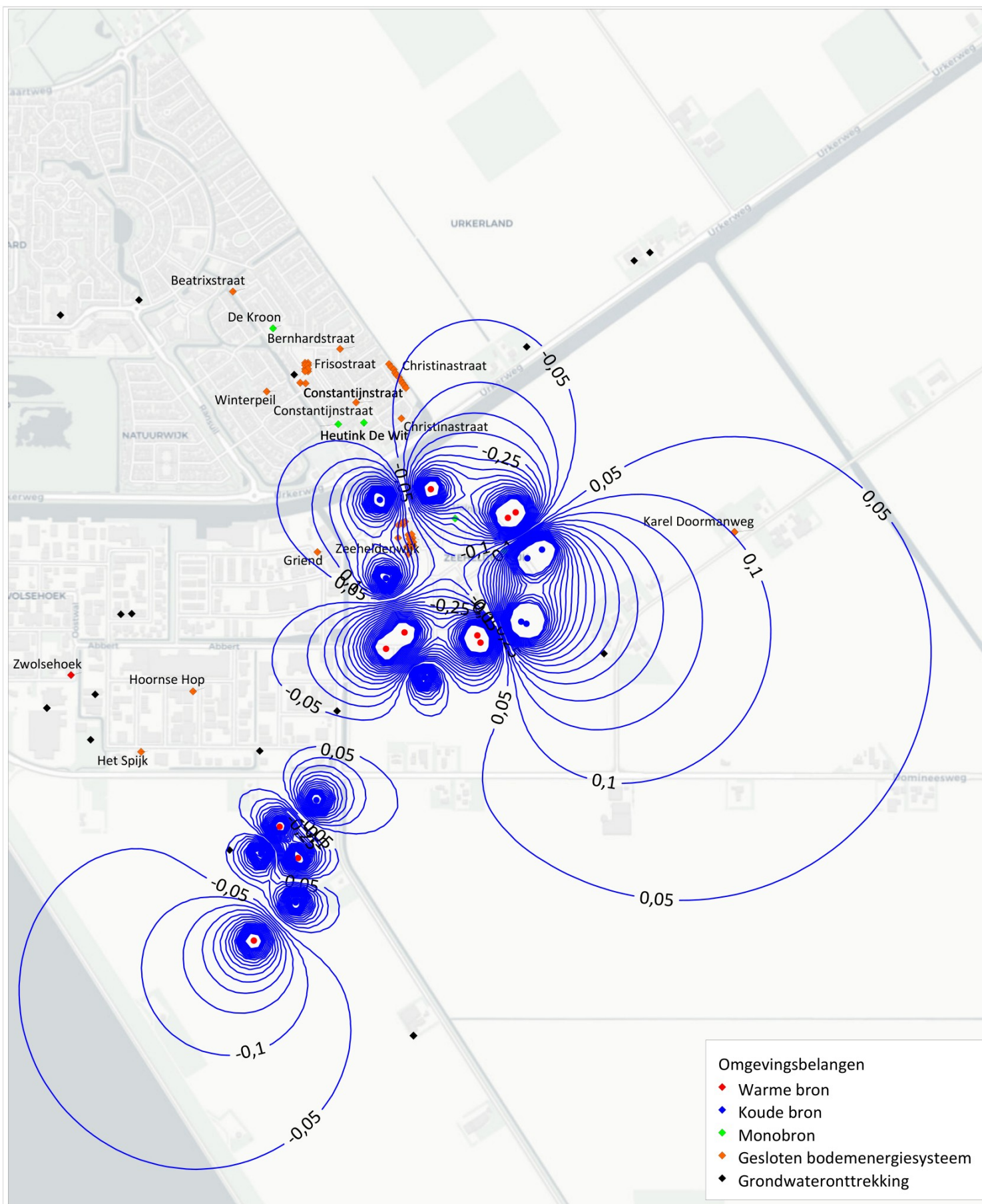
Figuur: 4.3

Stadium: effectenstudie

Referentie: PR10063/PW Getek.: 

Form.: A4





Project: Bodemenergie Energienet Urk

Datum: A: 07-04-2025
B:

Onderwerp: Berekende maximale stijghoogteveranderingen
in het opslagpakket (cumulatief) [m]

Figuur: 4.4

Stadium: effectenstudie

Referentie: PR10063/PW Getek.: ■

Form.: A4



Bijlage 1

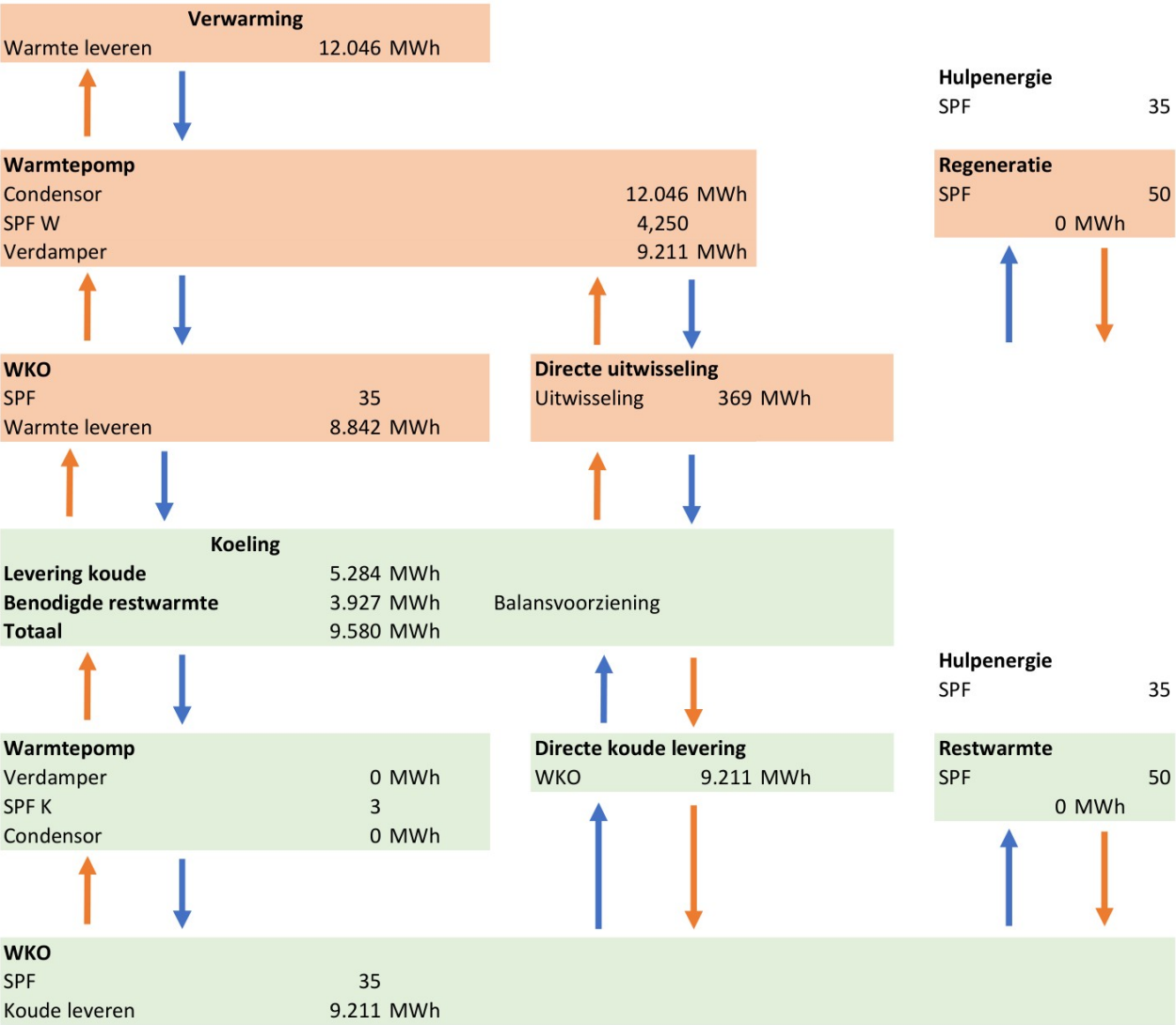
BEREKENING VAN DE SPF

SPF Berekening

Project: Warmtenet Urk

Projectnummer: 20230667



Datum: 24-7-2024



	Warme en koude energielevering MWh	Elektriciteit MWh
Warmtelevering	12.046	
Hulpenergie		344
Warmtepomp		2.834
Regeneratie		0
Koude levering	9.580	
Hulpenergie		274
Warmtepomp		0
Regeneratie		0
WKO		263
Totaal	21.626	3.715
SPF	5,8	

Bijlage 2

BEREKENING VAN DE TIJDSAFHANKELIJKE ZETTING IN DE DEKLAAG

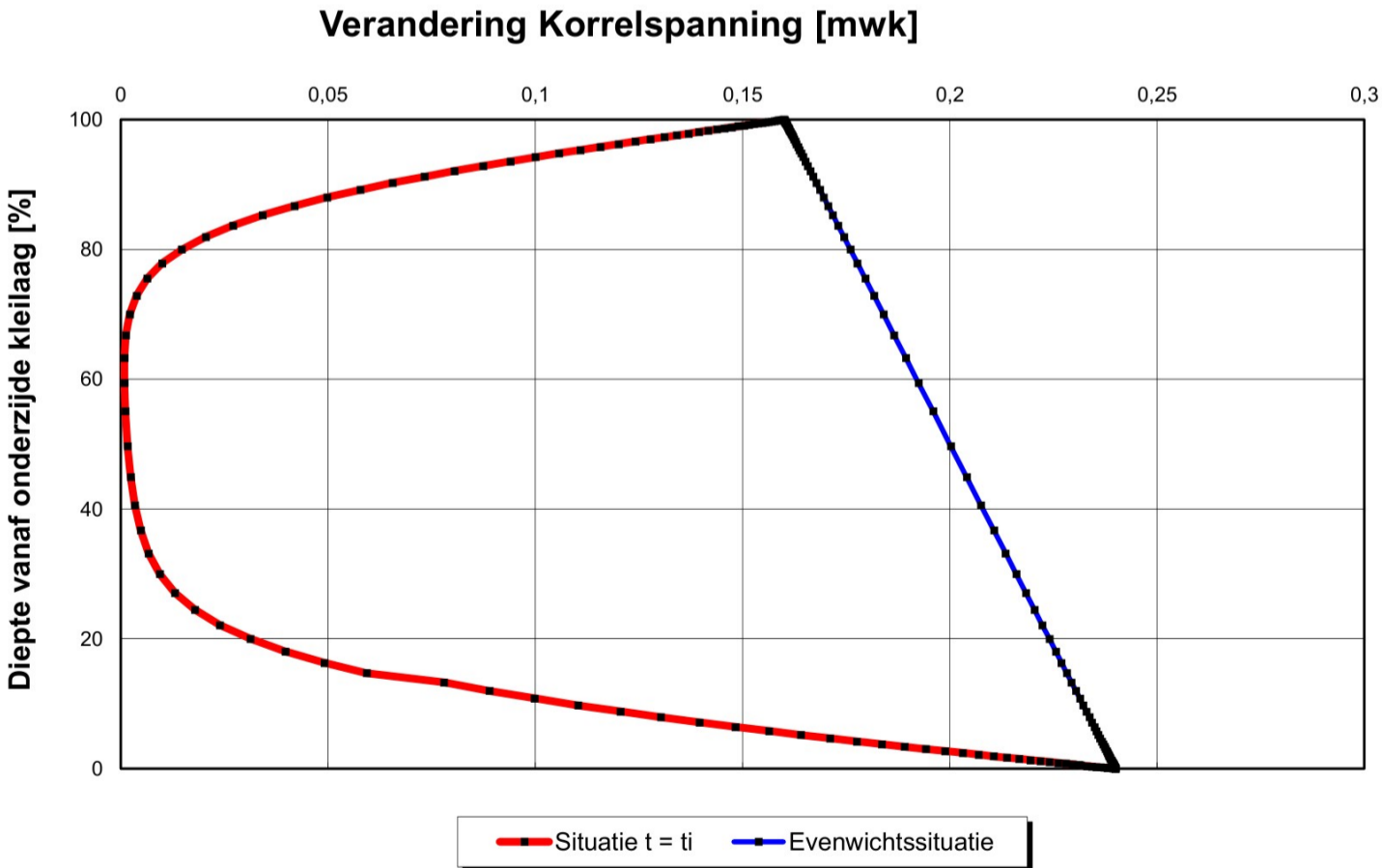
Zettingsberekening		
Tijdsafhankelijke berekening van de maximale zetting; versie datum: 29 september 2004		
	Projectnaam:	Energienet Urk
	Projectnummer:	PR10063
	Datum:	4-dec-24
	Boring:	-
	Rapport:	Effectenstudie
	Bijlage:	2
	Specialist:	
Opmerking(en):		Berekende tijdsafhankelijke zetting in de deklaag

Parameters			
bovenzijde scheidende laag		3 m-mv	
onderzijde scheidende laag		8 m-mv	
GLG		0,6 m-mv	
verlaging aan bovenzijde		0,16 mwk	
verlaging aan onderzijde		0,24 mwk	
primaire zettingsconstante	Cp	15	
seculaire zettingsconstante	Cs	60	
samendrukkingsconst.	C_oneindig	7,50	
doorlatendheid (vert.)	kv	1,00E-09 m/s	= 0,0000864 m/d
volumegewicht van water	γw	1000 kg/m3	
verzadigd volumegewicht bovenliggende lagen	γt	1865 kg/m3	
tijdstip	ti	55 d	= 0,15 j

Enkelzijdig gedeelte		
eindzetting	4,69 mm	
hydrodynamische periode	6,78E+03 d	= 18,59 j
zetting op t=ti	22 % van eindzetting	
zetting op t=ti	1,01 mm	

Dubbelzijdig gedeelte		
eindzetting	21,71 mm	
hydrodynamische Periode	3,93E+03 d	= 10,75 j
zetting op t=ti	21 % van eindzetting	
zetting op t=ti	4,46 mm	

Berekening	
zetting na oneindig lange belasting	26,40 mm
zetting op t = ti	5,47 mm



Bijlage 3

BEREKENING VAN DE EINDZETTING

Beheerder 1:
Beheerder 2:
Gebaseerd op:

Gecontroleerd door:
Datum controle:

BD
EG
Grondmechanica met beginselen van de funderingstechniek.
Uitgeverij Waltman, Delft, 1981. In CT-bieb onder ct.stud.002.

22-2-2011

(verantwoordelijke)

Zettingsberekening

Versie 29 september 2004

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

	Projectnaam:	Energienet Urk
	Projectnummer:	PR10063
	Datum berekening:	4-dec-24
	Bijlage:	3
	Rapport:	Effectenstudie
	Specialist:	<div></div>
	Opmerking(en):	Berekende maximale totaalzetting in de bron

Gebruikte formule van Terzaghi:

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

GLG: 0,6 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		0,5	0	-	-	-	1700	-		0,0
	0,5									
Zand		2,5	0,16	200	1,00E+99	200	2000	21582	1569,6	0,9
	3									
Klei		5		15	60	7,5	1600	48559,5	1962	5,5
	8									zie bijlage 2
Zand		12	0,24	600	1,00E+99	600	2000	122134,5	2354,4	0,4
	20									
Klei		5		25	320	19,048	1800	200614,5	3924	5,1
	25									
Zand		65	0,56	600	1,00E+99	600	2000	539059,5	5493,6	1,1
	90									
Zand		35	4,7	600	1,00E+99	600	2000	1029559,5	46107	2,6
	125									
Zand		15	1,47	600	1,00E+99	600	2000	1274809,5	14421	0,3
	140									
Zand		85	0,058	600	1,00E+99	600	2000	1765309,5	568,98	0,0
	225									

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] 16

IF Technology **Creating energy**



Velperweg 35
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**