

Effectenstudie

Onderwerp: Coolsingel 42 Rotterdam
Datum: 21-6-2016
Referentie: 16BB041

Inhoudsopgave

1.	Inleiding	3
1.1.	Aanleiding	3
1.2.	Leeswijzer	3
1.3.	Toetsingscriteria Bodemenergieplan Centrumgebied Rotterdam	3
2.	De warmte- en koudeopslag (de WKO).....	5
2.1.	Inleiding	5
2.2.	Systeemeigenschappen	5
2.3.	De werking.....	6
2.4.	Milieuvoordelen	7
3.	Locatiekenmerken	8
3.1.	Bodemopbouw	8
3.2.	Overzichtstabel locatiekenmerken.....	9
3.3.	Grondwatergebruikers	9
3.4.	Archeologie.....	11
3.5.	Spoor- en metrolijnen	11
4.	De effecten	12
4.1.	Inleiding	12
4.2.	Hydrologische effecten	12
4.3.	Hydrothermische effecten	12
4.4.	Zettingseffecten	13
	Bijlagen	14
	Bijlage 1: Geohydrologische effecten.....	15
	Bijlage 2: Hydrothermische effecten.....	20
	Bijlage 3: Zettingen.....	26

1. Inleiding

1.1. Aanleiding

Voor de herontwikkeling van Coolsingel 42 (het voormalige “Post Rotterdam”) is het voornemen gebruik te maken van een duurzame klimaatvoorziening in combinatie met Warmte-Koude-Opslag (WKO). Voor het exploiteren van de WKO is een vergunning benodigd in het kader van de Waterwet. In “Kerngebied 3: Coolsingel” te Rotterdam (zie voor de ligging van het gebied: “Bodemenergieplan Centrumgebied Rotterdam”) zijn reeds diverse andere WKO-systemen gerealiseerd en geregistreerd. Aangezien de ruimte in de (diepe) ondergrond voor WKO hierdoor beperkt wordt, heeft men in het Bodemenergieplan zoekgebieden voor warme en koude bronnen aangewezen.

Voor u ligt de effectenstudie voor WKO bij Coolsingel 42. Deze effectenstudie dient als bijlage van de vergunningaanvraag in het kader van de Waterwet. In deze studie worden de effecten van de WKO op de omgeving gekwantificeerd.

1.2. Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden de eigenschappen van de WKO verwoord, gevolgd door hoofdstuk 3 waarin de locatiekenmerken zijn neergezet. In hoofdstuk 4 zijn de berekende effecten en de invloed op derden beschreven en samengevat. In de bijlagen zijn de effectberekeningen opgenomen die de onderbouwing vormen voor hoofdstuk 4.

1.3. Toetsingscriteria Bodemenergieplan Centrumgebied Rotterdam

Iedere vergunningaanvraag die binnen het plangebied van het Bodemenergieplan Centrumgebied Rotterdam valt wordt getoetst aan de volgende twee randvoorwaarden:

1. De bronnen van het systeem zijn binnen de zoekgebieden gepositioneerd;
2. De effecten die het systeem veroorzaakt vallen binnen de berekende effecten.

Deze twee randvoorwaarden leiden (kort samengevat) tot de volgende criteria:

1. De minimale afstand tussen twee gelijksoortige bronnen binnen een zoekgebied bedraagt 20 meter bij een waterverplaatsing van 187.500 m³ per seizoen en een filterlengte van 55 m. Indien de waterhoeveelheid kleiner is, kunnen de bronnen dichter bij elkaar worden geplaatst.
2. De hydrothermische invloed (gebied waarbinnen de verandering van de grondwatertemperatuur meer dan 1,5 °C bedraagt) mag, berekend per zoekgebied, niet verder reiken dan de thermische zones (de thermische zones “Z-25” en “Z-27 op plankaart 1 van het Bodemenergieplan, zie figuur 1);
3. De maximale stijghoogteverandering per individueel doublet (gemeten in de peilbuis die is geplaatst in het filtergrind) bedraagt 5,2 meter;
4. De maximale cumulatieve stijghoogteverandering in zoekgebied Z25 (koude bronnen) mag bij de bronnen niet meer bedragen dan 6,9 meter. De maximale cumulatieve stijghoogteverandering in zoekgebied Z27 (warme bronnen) mag bij de bronnen niet meer bedragen dan 6,4 meter. Dit is wanneer alle bronnen (bestaand en toekomstig) binnen een

zoekgebied op hetzelfde moment aan staan. Tegelijkertijd zijn daarbij de complementaire bronnen aangezet. In zoekgebied Z25 en Z27 19 gaat het dan om tegelijkertijd infiltreren en onttrekken in 2 doubletten voor Coolsingel 42.



Figuur 1: Thermische zones Z-25 en Z-27 in kerngebied 3 Coolsingel

De ontwikkeling van WKO voor de locatie Coolsingel 42 (voormalige “Post Rotterdam”) is dus reeds voorzien in het Bodemenergieplan met de zoekgebieden Z25 (koud) en Z27 (warm). Het dicht nabijgelegen WKO-systeem van Stadskantoor/WTC maakt gebruik van de zoekgebieden Z25 en Z28. Beide WKO-systemen maken gebruik van hetzelfde zoekgebied voor hun koude bronnen.

Bij het berekenen van de effecten van het WKO-systeem voor Stadskantoor/WTC (zie effectenstudie d.d. 6 mei 2014 met referentie 61200/PM/20140506) is reeds rekening gehouden met de realisatie van een dubbel doublet bij Coolsingel 42 (voormalige “Post Rotterdam”). In deze effectenstudie komt de opbouw van de hydrologische en thermische modellen overeen met de modellen die bij de aanvraag voor de vergunning van Stadskantoor/WTC in 2014 zijn gebruikt. In de effectenstudie voor de vergunning van Stadskantoor/WTC (zie H5) wordt geconcludeerd: “dat het energieopslagsysteem van Stadskantoor/WTC geen belemmering vormt voor het beoogde energieopslagsysteem van Postkantoor Coolsingel en dat dit andersom ook niet het geval is”.

In deze effectenstudie voor het WKO-systeem Coolsingel 42 wordt deze conclusie nogmaals bevestigd. Voor zover er inzichten of systemen zijn gewijzigd, zijn die verwerkt en zijn de berekeningen nogmaals getoetst aan de voorgaande criteria.

2. De warmte- en koudeopslag (de WKO)

2.1. Inleiding

Coolsingel 42 heeft een bepaalde energiebehoefte. Op basis van deze behoefte en de locatietekeningen (zie hoofdstuk 3) is de WKO ontworpen. De systeemeigenschappen van de ontworpen WKO, alsmede de milieuvoordelen die de WKO oplevert zijn weergegeven in dit hoofdstuk.

2.2. Systeemeigenschappen

Op basis van de energievraag zijn de energetische uitgangspunten van de WKO bepaald. In tabel 1 zijn de energetische uitgangspunten weergegeven.

Tabel 1: energetische-uitgangspunten

	Eenheid	Koude leveren	Warmte leveren
Maximale waterverplaatsing	[m ³ /jaar]	500.000	500.000
Gemiddelde waterverplaatsing	[m ³ /jaar]	333.000	333.000
Maximale spuihoeveelheid ^{*)}	[m ³ /jaar]	4.000	
Maximale spuihoeveelheid ^{*)}	[eenmalig]	14.000	
Maximaal debiet	[m ³ /uur]	192	192
Gemiddelde infiltratie temperatuur	[°C]	16	8
Min. en max. infiltratietemperatuur	[°C]	25	5
Energiehoeveelheid	[MWh/seizoen]	1.750	1.750

^{*)} gespuid op het oppervlaktewater of riool

In het Bodemenergieplan is aangegeven dat de maximale capaciteit van een bron in het Centrumgebied van Rotterdam circa 125 m³/uur bedraagt, uitgaande van een filterlengte van 55 meter. De maximale (energie)hoeveelheid, uitgedrukt in maximale waterverplaatsing, bedraagt voor een enkel doublet circa 187.500 m³ per seizoen. Voor Coolsingel 42 wordt daarom uitgegaan van een WKO-systeem op basis van 2 doubletten, ofwel bestaande uit twee warme en twee koude bronnen. In figuur 2 zijn de locaties van de bronnen weergegeven op de topografische kaart.

De bronlocaties vallen iets buiten de zoekgebieden die voor Kerngebied 3 in het Bodemenergieplan zijn aangegeven. Reden daarvoor is dat in de zoekgebieden bronnen en leidingen maar beperkt inpasbaar zijn vanwege de aanwezigheid van kabels, leidingen, riolering, etc. in de ondiepe ondergrond. Na consultatie bij het "Leidingenbureau Rotterdam" zijn daarom bronlocaties 20 tot 30 meter ten westen van de zoekgebieden geselecteerd. In tabel 2 zijn de eigenschappen van de bronnen beschreven.

Het systeem wordt voorzien van een spuivoorziening voor periodiek onderhoud. Voor het periodiek onderhoud van de bronnen wordt 2 keer per jaar gedurende maximaal 10 uur gespuid op het maximale debiet. Bij de aanleg van de bronnen wordt voor het ontwikkelen van de bronnen eenmalig gedurende maximaal 40 uur per bron grondwater onttrokken en gespuid bij het maximale debiet.

Tabel 2: bron-eigenschappen

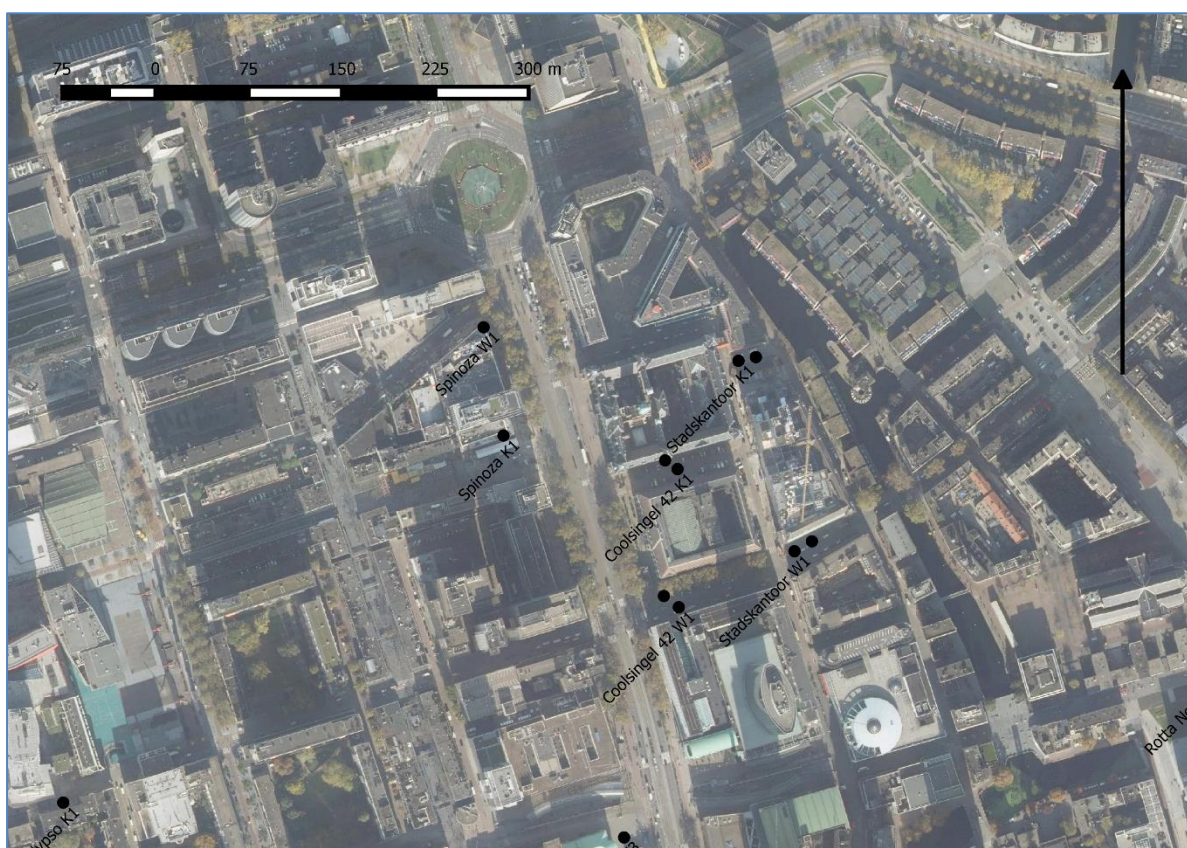
	Eenheid	Warme bron W1	Warme bron W2	Koude bron K1	Koude bron k2
Filterlengte	[m]	55	55	55	55
Filtertraject	[m-mv]	100-250	100-250	100-250	100-250
x-coördinaat*)	[m]	92.601	92.589	92.600	92.590
y-coördinaat*)	[m]	437.380	437.491	437.491	437.498

*) Vanwege de aanwezigheid van ondergrondse infrastructuur zijn bronlocaties 20 tot 30 meter ten westen van de zoekgebieden geselecteerd

2.3. De werking

Als Coolsingel 42 een koude vraag heeft, wordt grondwater uit de koude bronnen opgepompt. Via een warmtewisselaar wordt de koude overgedragen aan de klimaatinstallaties in de gebouwen. Hierbij warmt het opgepompte grondwater op. Het relatief warme grondwater wordt vervolgens geïnfiltreerd in de warme bronnen.

Als Coolsingel 42 een warmtevraag heeft, wordt grondwater uit de warme bronnen opgepompt. Via een warmtewisselaar wordt de warmte overgedragen aan de warmtepompen. De warmtepompen voorzien de gebouwen van warmte. Hierbij koelt het grondwater af. Het relatief koude grondwater wordt vervolgens geïnfiltreerd in de koude bronnen. Op deze wijze vindt opslag van zomerwarmte en winterkoude plaats om te gebruiken in het andere seizoen.



Figuur 2: de bronlocaties

2.4. Milieuvordelen

Het toepassen van het WKO-systeem resulteert in een emissiereductie van circa 380 ton CO₂ per jaar. De minimaal realiseerbare SPF (Seasonal Performance Factor) is 4.

3. Locatiekenmerken

Elke locatie heeft zijn unieke kenmerken. De bodem en het grondwater hebben hun eigen specifieke eigenschappen. Bovendien kunnen verschillende belanghebbenden in de omgeving van de locatie aanwezig zijn. In dit hoofdstuk worden de kenmerken van de locatie beschreven.

3.1. Bodemopbouw

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

- Regionaal Geohydrologisch Informatie Systeem (REGIS);
- Boorbeschrijvingen uit het archief van TNO Bouw en Ondergrond uit DINOloket;
- Boorgegevens van nabijgelegen energieopslagsystemen; o.a. Stadskantoor, Gemeentelijke Archiefdienst, Woontoren Laurenschhof, en 100Hoog.

In tabel 3 is de bodemopbouw geschematiseerd.

Tabel 3: gehanteerde bodemopbouw

Diepte (m-mv)*	Lithologie	Geohydrologische benaming	Doorlatendheid of weerstand
0 - 17	Klei, veen, fijn zand	Deklaag	(20m ² /d) 1.500 d
17 - 30	Matig fijn tot matig grof zand	1 ^e watervoerende pakket	180 m ² /d
30 - 70	Klei-, veen- en leemlagen	1 ^e scheidende laag	1.500 d
70 - 240	Matig fijn tot matig grof zand met kleilagen	2 ^e /3 ^e watervoerende pakket	1.500 m ² /d
> 240 m	Klei	Hydrologische basis	∞

*maaiveldhoogte: circa +0,3 m t.o.v. NAP

3.2. Overzichtstabel locatiekenmerken

In tabel 4 zijn de locatiekenmerken gekwantificeerd inclusief bronvermelding. Uit deze tabel volgen drie aandachtspunten; andere grondwatergebruikers, archeologie en de spoor- en metrolijnen. Deze aandachtspunten zijn in paragraaf 3.3, 3.4 en 3.5 toegelicht.

Tabel 4: overige kenmerken

Kenmerk	eenheid	status
Grondwaterstroming watervoerende pakket (snelheid) ^a	[m/jaar]	5
Grondwaterstroming opslagpakket (richting) ^a	[-]	NNO
Grondwatertemperatuur (opslagpakket) ^b	[°C]	13
Grondwaterstand ^c (mv = 0,3 m+NAP)	[m+NAP]	-1,00 (+/- 0,4 m)
Stijghoogte 1 ^e watervoerend pakket ^c (mv = 0,3 m+NAP)	[m+NAP]	-3,50 (+/- 3,5)
Stijghoogte 2 ^e en 3 ^e watervoerend pakket ^d (mv = 2,5 m+NAP)	[m+NAP]	-1,50 (+/- 0,5)
Zoet-/brakgrensvlak (chloride 150 mg/l) ^e	[m-mv]	circa 10
Brak-/zoutgrensvlak ^e	[m-mv]	>175
Diepe verontreinigingen (tot in het 2 ^e /3 ^e pakket) ^f	< 500 m	niet aanwezig
Grondwatergebruikers ^g	< 2000 m	aanwezig (zie 4.3)
Archeologie ^h	< 500 m	aanwezig (zie 4.4)
Landbouw ⁱ	< 2000 m	niet aanwezig
Vogel- en habitatrictlijngebieden en natuurbeschermingsgebieden ⁱ	< 2000 m	niet aanwezig
Spoor- en metrolijnen	< 500 m	aanwezig (zie 4.5)
Maaiveld	[m+NAP]	+0,3

a bron: Isohysen Regis

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

c bron: grondwaterstand fluctuatie maas

d bron: isohysen Regis

e bron: proefboringen/boringen Blaaktoren en Markthal

f bron: het bodemloket/gemeente Rotterdam; eventuele verontreinigingen beperken zich tot maximaal 10 m-mv

g bron: Provincie Zuid Holland

h bron: "Archeologische belangrijke plaatsen in de gemeente Rotterdam"

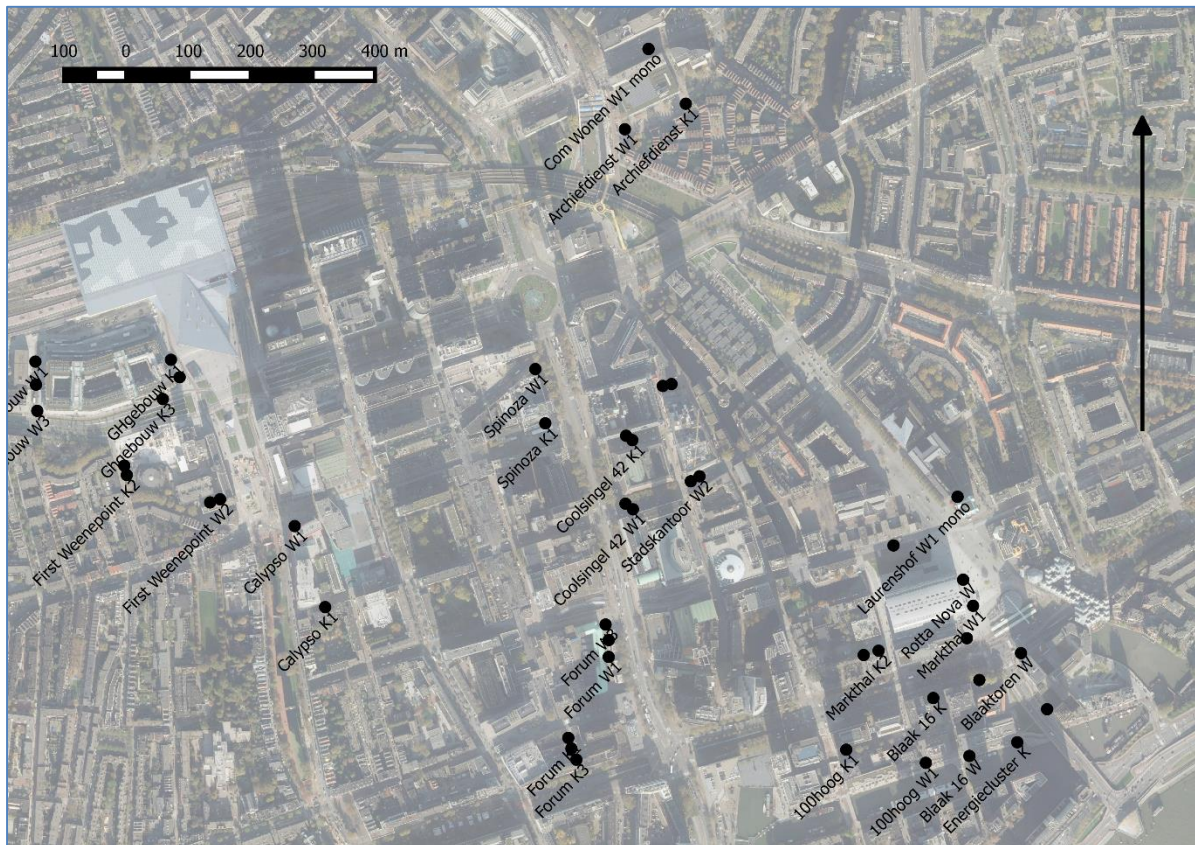
i bron: pdoc

3.3. Grondwatergebruikers

Binnen een straal van 2000 meter van de bronnen zijn diverse andere grondwatergebruikers aanwezig in het gecombineerde 2^e en 3^e watervoerende pakket. Deze zijn weergegeven in tabel 5. De locaties van deze grondwatergebruikers zijn weergegeven in figuur 3.

Tabel 5: grondwatergebruiker binnen 2 km

Grondwatergebruikers	Afstand tot projectlocatie [m]	Vergund debiet [m ³ /uur]	Vergunde waterhoeveelheid [m ³ /jaar]
Stadskantoor	100 O	244	360.000
Spinoza (Coolsingel 63)	140 NNW	105	780.000
Forum (Koopgoot II)	195 Z	275	1.140.000
Rotta Nova	425 O	120	800.000
Markthal	440 ZO	240	1.320.000
Gemeentelijke Archiefdienst	495 N	50	74.000
Woonstoren 100Hoog	520 ZZO	70	510.000
Laurenschhof (monobron)	530 O	40	240.000
Calypto	550 W	130	445.000
COM Wonen	635 N	10	35.000
Blaaktoren	665 OZO	50	240.000
Blaaktoren	670 ZO	75	480.000
Groothandelsgebouw	730 W	530	1.750.000
First	810 W	240	1.084.800
Erasmus Medisch Centrum	1150 ZZW	600	2.950.000
Hogeschool Rotterdam Museumpark	1220 ZW	240	960.000
OV Terminal	1230 NNW	180	660.000
Groot Willemsplein	1240 Z	40	320.800
De Havenbaron	1380 Z	23	108.000
Atlantichuis	1440 Z	20	79.300
Maastoren	1650 ZZO	180	700.000
Hogeschool Rotterdam Academieplein	1740 ZW	120	290.000
Cité	1960 ZZO	120	300.000



Figuur 3: grondwatergebruikers in de omgeving

3.4. Archeologie

Volgens de Lijst van Archeologisch belangrijke plaatsen in de gemeente Rotterdam liggen binnen het invloedsgebied van Coolsingel 42 de volgende archeologische vindplaatsen:

- Object 15: Resten van het Kasteel Weena onder het station Hofplein (Kalshoek en Hofdijk);
- Object 21: Pre-stedelijke bewoningssporen langs het tracé van de Willemspoortunnel;

De dichtstbijzijnde vindplaats betreft object 21 tussen Pompenburg en Meent met pre-stedelijke bewoningssporen in de ondiepe ondergrond. Object 21 ligt op circa 330 meter ten noordnoordoosten van de projectlocatie.

3.5. Spoor- en metrolijnen

Op circa 50 meter ten oosten van de projectlocatie zijn een drietal infrastructurele werken aanwezig:

- Metrobuis Callandlijn;
- RET tramlijn;
- Spoor-tunnel.

4. De effecten

4.1. Inleiding

Er zijn verschillende berekeningen uitgevoerd om de effecten van de WKO inzichtelijk te maken. De effecten zijn in drie categorieën te onderscheiden. De hydrologische effecten, de hydrothermische effecten en de zettingseffecten. De hydrologische effecten beschrijven de kwantitatieve gevolgen van de WKO op het grondwater (grondwaterstroming, grondwaterstanden en stijghoogtes). De hydrothermische effecten beschrijven de effecten op de temperatuur van het grondwater en de bodem. De zettingsberekeningen beschrijven de effecten op het zettingen van de bodem. In onderstaande paragrafen zijn de resultaten van de effectberekeningen beschreven.

4.2. Hydrologische effecten

De maximale stijghoogteverandering in de bronnen van Coolsingel 42 in het 2^e 3^e watervoerende pakket bedraagt circa 5,1 m (toetsingscriterium voor een individueel doublet bedraagt maximaal 5,2 m). De maximale stijghoogteverandering in de bronnen van Coolsingel 42 waarbij alle bronnen in de zoekgebieden van kerngebied 3 (inclusief complementaire bronnen) worden ingeschakeld bedraagt 6,2 m (toetsingscriteria voor de zoekgebieden Z27 (warm) en Z25 (koud) bedragen 6,4 en 6,9 m).

De effecten op de grondwaterstand en op de stijghoogte in het 1^e watervoerende pakket zijn kleiner dan 0,05 m. Het maximaal berekende hydrologische invloedgebied in het 2^e 3^e watervoerende pakket reikt tot 920 m van de bronnen. De berekeningsresultaten van de hydrologische effecten zijn weergegeven in bijlage 1 (figuren 4 tot en 7). De straal van het gezamenlijke invloedgebied van de systemen in het Centrumgebied Rotterdam wijzigt, als gevolg van het nieuwe WKO-systeem voor Coolsingel 42, niet of nauwelijks.

- Derden worden niet negatief beïnvloed door de hydrologische effecten.

4.3. Hydrothermische effecten

In deze effectenstudie is uitgegaan van een waterverplaatsing van 333.000 m³ per seizoen, een filterlengte van 55 m en een afstand van 15 m tussen de bronnen van het doublet. Tussen twee gelijksoortige bronnen van respectievelijk Coolsingel 42 en het Stads Kantoor (de 2 koude bronnen) bedraagt de bronafstand minimaal 100 meter. Op basis van de geothermische berekeningen is aangetoond dat deze bronafstanden niet leidt tot een ongewenste interactie of kortsluiting; waarmee wordt voldaan aan de toetsingscriteria uit het Bodemenergieplan.

Het berekende hydrothermische invloedgebied van Coolsingel 42 reikt tot 120 m van de bronnen. De berekeningen van de hydrothermische effecten zijn weergegeven in bijlage 2 (figuren 8 tot en met 14).

Gevolgen voor de omgeving:

- Derden worden niet negatief thermisch beïnvloed;

- Gezien de beperkte temperatuurverschillen bij de toepassing van de WKO heeft deze geen significant effect op de chemische en microbiologische samenstelling van het grondwater;
- Ook de gezamenlijke, gecombineerde thermische effecten van alle WKO-systemen in Kerngebied 3 Coolsingel leveren geen (extra) negatieve invloed op;
- De 1,5 isothermen vallen binnen de thermische zones van Z-25 en Z27.

4.4. Zettingseffecten

Ten gevolge van de WKO is een maximale eindzetting van 17 mm berekend. De onderbouwing van de zettingseffecten zijn weergegeven in bijlage 3. Deze geringe zetting en de daarmee gepaard gaande verschilzetting zal geen schade aan gebouwen, funderingen, wegen of constructies veroorzaken.

Gevolgen voor de omgeving:

- Derden worden niet negatief beïnvloed als gevolg van zetting.

Bijlagen

Bijlage 1: Geohydrologische effecten

Om de hydrologische effecten van de energieopslag te kunnen berekenen, is gebruik gemaakt van het softwarepakket MLU. Meer informatie over MLU is te vinden op www.microfem.com.

Schematisatie

De modelschematisatie is gebaseerd op de geohydrologische bodemopbouw in tabel 3. Uitgangspunt is dat de bodemopbouw geldt voor het totale gemodelleerde gebied. Het doorlaatvermogen van het 2^e 3^e watervoerende pakket is evenredig verdeeld over de diepte van het pakket. In tabel 6 is de modelschematisatie weergegeven.

Tabel 6: modelschematisatie

Diepte [m-mv]	Toelichting	Doorlaatvermogen [m ² /d]	Weerstand [d]
1,3	Gesloten bovenrand	-	∞
1,3 - 3	Fictief freatisch watervoerende pakket	10	-
3 - 17	Weerstand deklaag	-	1.500
17 - 30	1 ^e watervoerende pakket	180	-
30 - 70	1 ^e scheidende laag	-	1.500
70 - 80	2 ^e 3 ^e watervoerende pakket	90	-
80	Fictieve scheidende laag	-	3
80 - 85	2 ^e 3 ^e watervoerende pakket filtertraject CS42	60	-
85	Fictieve scheidende laag	-	1,66
85 - 90	2 ^e 3 ^e watervoerende pakket filtertraject CS42	60	-
90	Fictieve scheidende laag	-	2,5
90 - 100	2 ^e 3 ^e watervoerende pakket filtertraject CS42	120	-
100	Fictieve scheidende laag	-	3,33
100 - 110	2 ^e 3 ^e watervoerende pakket filtertraject CS42	120	-
110	Fictieve scheidende laag	-	3,33
110-120	2 ^e 3 ^e watervoerende pakket filtertraject CS42	120	-
120	Fictieve scheidende laag	-	3,33
120-130	2 ^e 3 ^e watervoerende pakket filtertraject CS42	120	-
130	Fictieve scheidende laag	-	2,5
130-135	2 ^e 3 ^e watervoerende pakket filtertraject CS42	60	-
135	Fictieve scheidende laag	-	3
135-145	2 ^e 3 ^e watervoerende pakket filtertraject	100	-
145	Fictieve scheidende laag	-	6
145-165	2 ^e 3 ^e watervoerende pakket	200	-
165	Fictieve scheidende laag	-	5
165-170	2 ^e 3 ^e watervoerende pakket	50	-
170	Fictieve scheidende laag	-	18,75
170 - 240	2 ^e 3 ^e watervoerende pakket	399	-

De berekeningen zijn stationair uitgevoerd. Dat wil zeggen dat in het model continu met maximaal debiet wordt onttrokken en geïnfiltreerd (192 m³/uur).

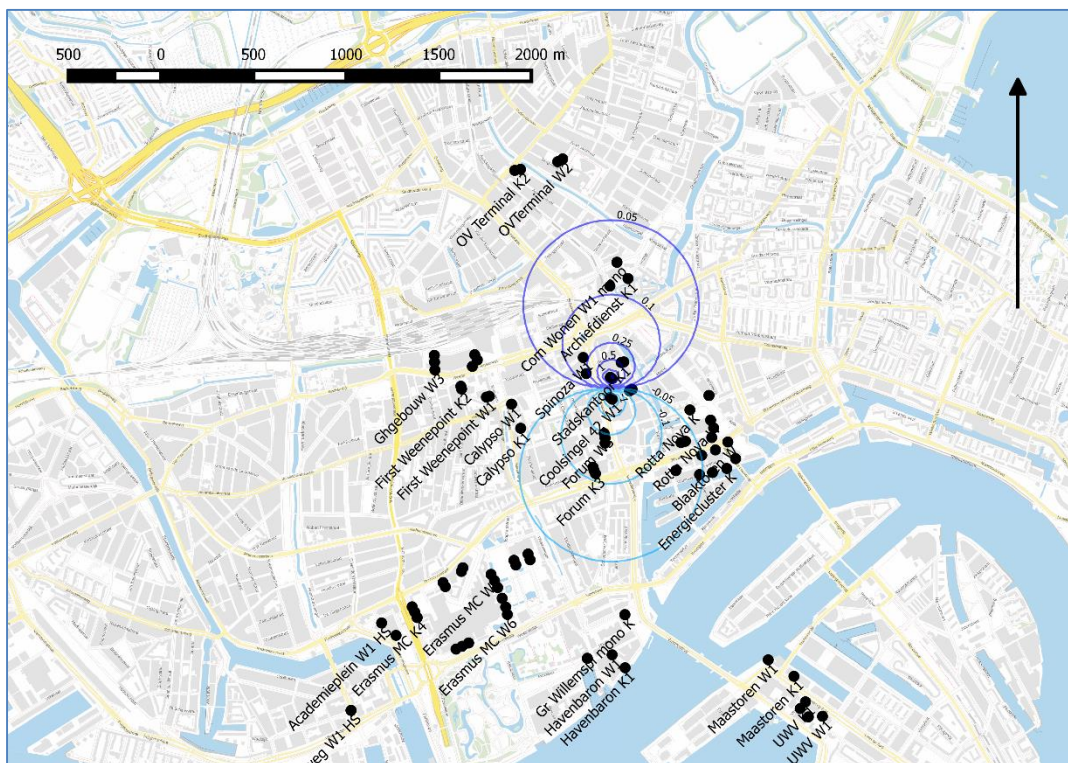
Voor de anisotropie in het 2^e 3^e watervoerende pakket is 5 aangehouden. Deze anisotropie (de verhouding tussen de horizontale en de verticale doorlatendheid) is het gevolg van de afwisseling van grovere en minder grove zandlagen. De anisotropie is verdisconteerd in de weerstand van de fictieve scheidende lagen in het model.

De bronfilters zijn in het model zo hoog mogelijk in het 2^e 3^e watervoerende pakket gepositioneerd. Hierdoor zijn de effecten naar maaiveld worst-case.

Berekeningsresultaten

De berekeningen zijn uitgevoerd om inzicht te krijgen in de veranderingen van de grondwaterstand en de stijghoogten in de watervoerende pakketten ten gevolge van het grondwatersysteem. Tevens is bepaald tot welke afstand in de omgeving van het grondwatersysteem de grondwaterstand- en stijghoogteveranderingen merkbaar zijn. Dit is het invloedgebied, dat wordt gedefinieerd als het gebied waar de berekende veranderingen groter zijn dan 0,05 m.

De resultaten van de berekeningen zijn weergegeven in figuur 4 en tabel 7.



Figuur 4: Hydrologische effecten van Cooling 42 in het 2^e 3^e watervoerende pakket

Tabel 7: hydrologische effecten

	Maximale verandering	Maximaal invloedgebied
Grondwaterstand	<0,05 m	-
1 ^e watervoerende pakket	<0,05 m	-
2 ^e 3 ^e watervoerende pakket	5,1 (toetsingscriterium 5,2)	920 m

Conclusie

De hydrologische invloed van het beoogde grondwatersysteem op grondwaterstanden en stijghoogten in het 1^e watervoerende pakket is nihil. Er zijn dus geen negatieve hydrologische effecten op andere functies of gebruikers in het ondiepe hydrologische systeem (archeologie, landbouw, natuur, etc.). Ook de ligging van het zoet-/brakgrensvlak (bovenin het 1^e watervoerende pakket en boven de 1^e scheidende laag) wordt niet negatief beïnvloed. De stijghoogteveranderingen ter plekke van het zoet-brakgrensvlak zijn $\ll 0,05$ m. De ligging van het zoet-brakgrensvlak wordt dus niet beïnvloed door het beoogde grondwatersysteem.

Binnen het berekenen hydrologische invloedgebied van het beoogde WKO-systeem voor Coolsingel 42 bevinden zich diverse bestaande energieopslagsystemen. Tabel 8 toont het maximale effect van het WKO-systeem bij Coolsingel 42 op deze bestaande energieopslagsystemen.

Tabel 8: hydrologische effecten op bestaande WKO-systemen

Omschrijving	Afstand en richting	Maximaal effect op de stijghoogte
Spinoza (Coolsingel 63)	140 m NW	0,21 m (in koude bron)
Forum (Koopgoot II)	190 m ZWZ	0,25 m (in warme bron)
Markthal (Blaak 31)	435 m ZO	0,07 m (in koude bron)
Gemeentelijke Archiefdienst	495 m N	0,09 m (in warme bron)
100Hoog (Woontoren)	525 m ZZO	0,07 m (in koude bron)
COM Wonen woontrefpunt Noord	630 m N	0,07 m (in monobron)
Stadskantoor	100 m NO/ZO	0,47 m (in koude bron)

De grootste stijghoogteverandering als gevolg van Coolsingel 42 treedt op ter plaatse van de koude bronnen van het Stadskantoor en bedraagt maximaal 0,47 m. Deze en de overige berekende stijghoogteveranderingen zijn dermate gering dat deze in de praktijk geen effect hebben op de bedrijfsvoering en het rendement van de energieopslagsystemen. Van negatieve hydrologische invloed is derhalve geen sprake.

Gecombineerde effecten

Volgens het bodemenergieplan mag de stijghoogteverandering per individueel doublet maximaal 5,2 meter zijn. Daarnaast is in het bodemenergieplan maximaal toelaatbare cumulatieve stijghoogteveranderingen per zoekgebied opgenomen (zie tabel 4.1 in het achtergrondrapport). In het bodemenergieplan is in de zoekgebieden Z25 en Z27 voorzien in de plaatsing van warme en

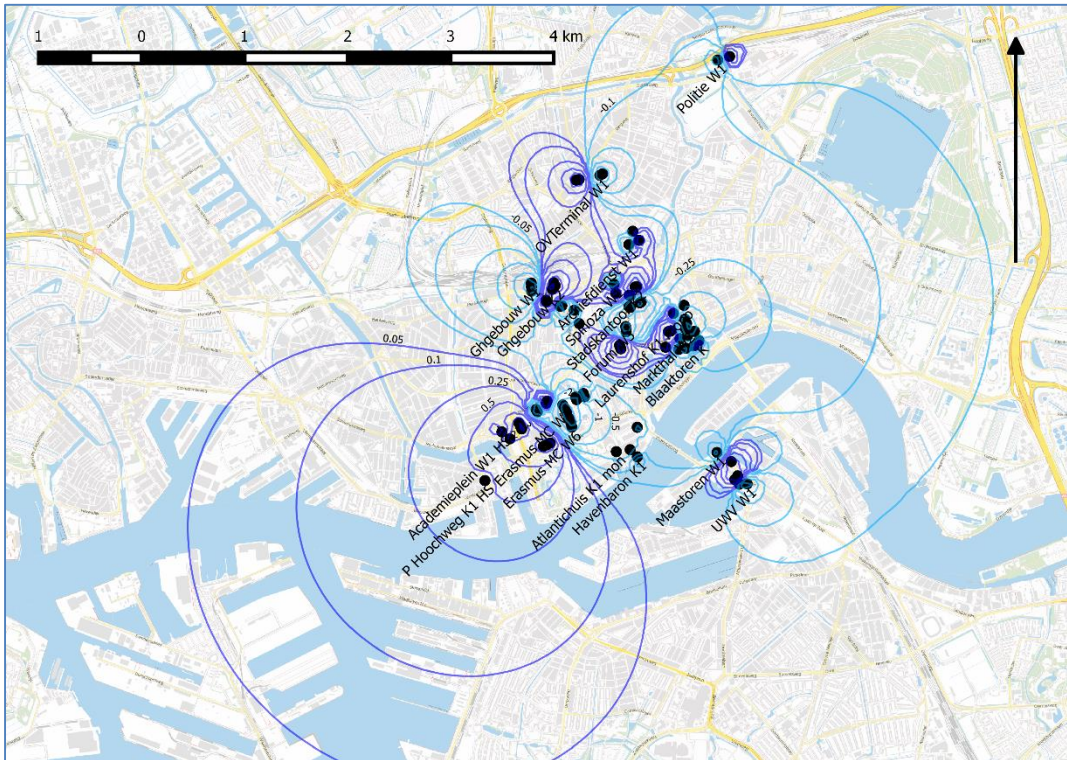
koude bronnen voor de locatie (voormalig Post Rotterdam) aan de Coolsingel 42. De maximaal toelaatbare cumulatieve stijghoogteveranderingen in de zoekgebieden Z25 (koud) en Z27 (warme) bedragen 6,9 en 6,4 meter.

Ter illustratie zijn de gecombineerde effecten van alle systemen die binnen het Centrumgebied binnen het beoogde WKO-systeem van Coolsingel 42 berekend en vergeleken met de meest recente berekeningen uit de vergunningaanvraag voor het Stadskantoor (d.d. 24 mei met kenmerk 61200/PM/20140506). In de figuren 5 en 6 zijn de gecombineerde effecten gepresenteerd exclusief en inclusief het beoogde WKO-systeem voor Coolsingel 42. Hieruit blijkt dat het gecombineerde invloedgebied van de systemen, exclusief Coolsingel 42, zich tot maximaal 4,1 km buiten het centrum van het centrumgebied uitstrekt (zie figuur 5). Het gecombineerde invloedgebied van de systemen, *inclusief Coolsingel 42*, wijzigt niet of nauwelijks.

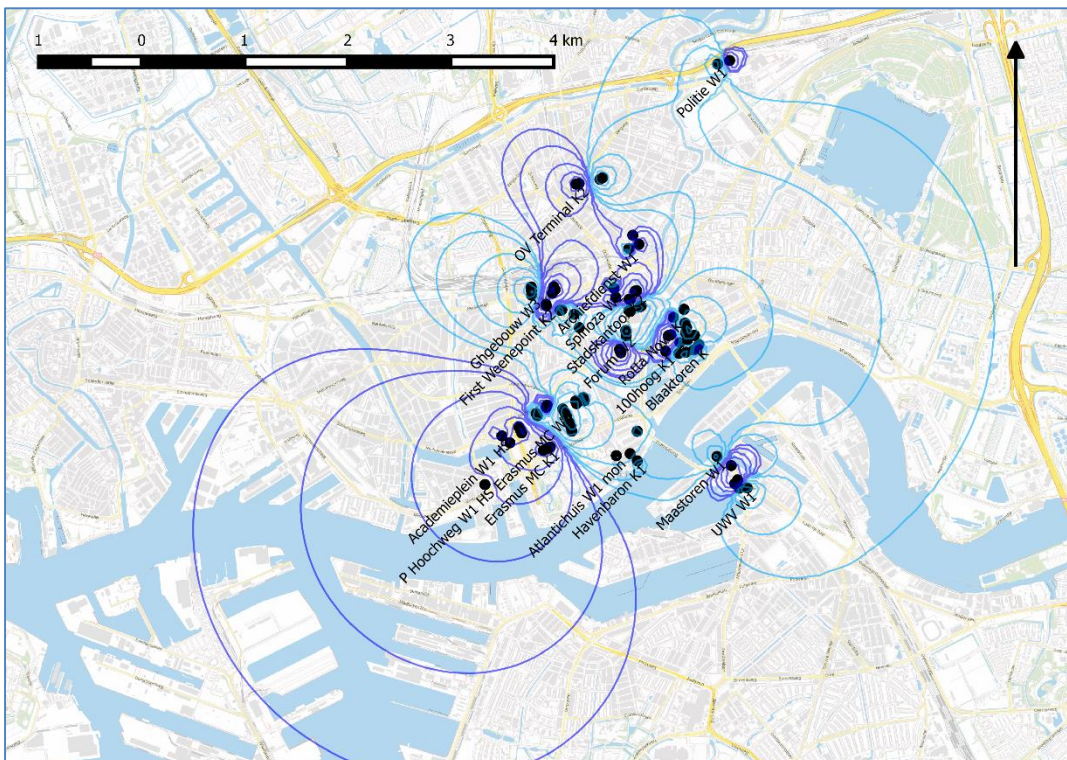
Ervan uitgaande dat alle systemen op hetzelfde tijdstip worden ingeschakeld bedraagt de maximale gecumuleerde stijghoogteverandering in de bronnen van Coolsingel 42 5,7 meter. Deze maximale stijghoogteverandering valt ruimschoots binnen de criteria van de relevante zoekgebieden Z25 (koude bronnen) en Z27 (warme bronnen). In tabel 9 zijn de berekeningsresultaten voor de systemen in kerngebied 3 samengevat. Hieruit blijkt dat ook de gecumuleerde effecten voor het nabijgelegen systeem van het Stadskantoor in de zoekgebieden Z25 en Z28 aan de criteria uit het Bodemenergieplan blijven voldoen.

Tabel 9: maximaal gecumuleerde stijghoogteveranderingen in WKO-systemen kerngebied 3:

Omschrijving	Afstand en richting	Maximale cumulatieve stijghoogteverandering
Spinoza (Coolsingel 63)	140 m NW	4,3 m
Stadskantoor	100 m NO/ZO	5,7 m (Z25: max. 6,9 m / Z28: max 5,8 m)
Coolsingel 42	0 m	6,2 m (Z25: max. 6,9 m / Z27: max 6,4 m)



Figuur 5: Gecombineerde hydrologische effecten in het 2^e 3^e watervoerende pakket WKO-systemen Centrumgebied, exclusief Energiecluster Blaak



Figuur 6: Gecombineerde hydrologische effecten in het 2^e 3^e watervoerende, inclusief Coolsingel 42.

Bijlage 2: Hydrothermische effecten

Om de hydrothermische berekeningen uit te voeren is gebruik gemaakt van HSTwin. Met dit programma kan warmtetransport worden berekend in een verzadigd grondwatersysteem. De randvoorwaarden in het HstWin-2D-model zijn gebaseerd op de geohydrologische beschrijving in hoofdstuk 3. HstWin-2D simuleert de grondwaterstroming en het warmtetransport in één laag.

In deze effectenstudie is uitgegaan van een waterverplaatsing van 333.000 m³ per seizoen, een filterlengte van 55 m en een afstand van 15 m tussen de bronnen van het doublet. Tussen twee gelijksoortige bronnen van respectievelijk Coolsingel 42 en Stadskantoor (de 2 koude bronnen) bedraagt de bronafstand minimaal 100 meter.

In Kerngebied 3 Coolsingel zijn diverse WKO-systemen gerealiseerd met bronfilters op verschillende diepten. Om de gecombineerde effecten (worst-case) te kunnen bepalen zijn de waterverplaatsingen van de diverse WKO-systemen doorgerekend met HstWin in een “één-laagsmodel”. In de berekeningen is het watervoerende pakket als afgesloten beschouwd (geen verticale voeding). Wel vindt warmte-uitwisseling met boven- en onderliggende lagen plaats door middel van geleiding

Schematisatie

De modelparameters zijn weergegeven in tabel 2.

Laag naam	doorlatendheid [m/d]	verhang [m/km]	warmtegeleiding [W/(mK)]	warmtecapaciteit [MJ/(m ³ K)]
Geleidende toplaag	-	-	1,7	2,8
Opslagpakket	12	0,2	2,4	2,8
Geleidende onderlaag	-	-	2,0	2,8

In tabel 10 is het onttrekkings- en infiltratiepatroon weergegeven die in het model zijn opgenomen.

Tabel 10: onttrekkings- en infiltratiepatroon

	Waterverplaatsing [m ³ /seizoen]	Infiltratietemperatuur [°C]
Winter (warmte leveren)	333.000	8
Lente	-	-
Zomer (koude leveren)	333.000	16
Herfst	-	-

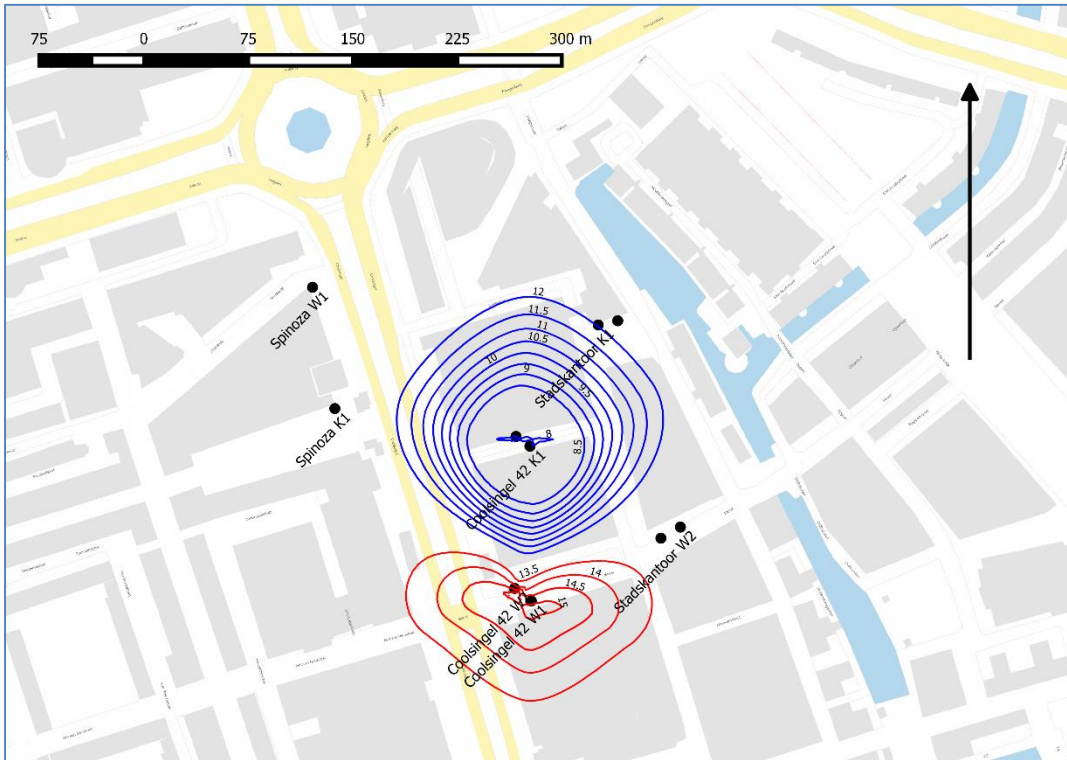
Berekeningsresultaten

Het thermisch invloedgebied is het gebied rondom de bronnen waar de temperatuur meer dan 0,5°C afwijkt van de natuurlijke grondwatertemperatuur. De gemiddelde natuurlijke grondwatertemperatuur van het opslagpakket bedraagt 13 °C. De berekende temperaturen in de zomer en winter over 20 jaar zijn weergegeven in figuur 8 en 9. Het thermische invloedgebied van Coolsingel 42 reikt tot maximaal 120 m van de bronnen.

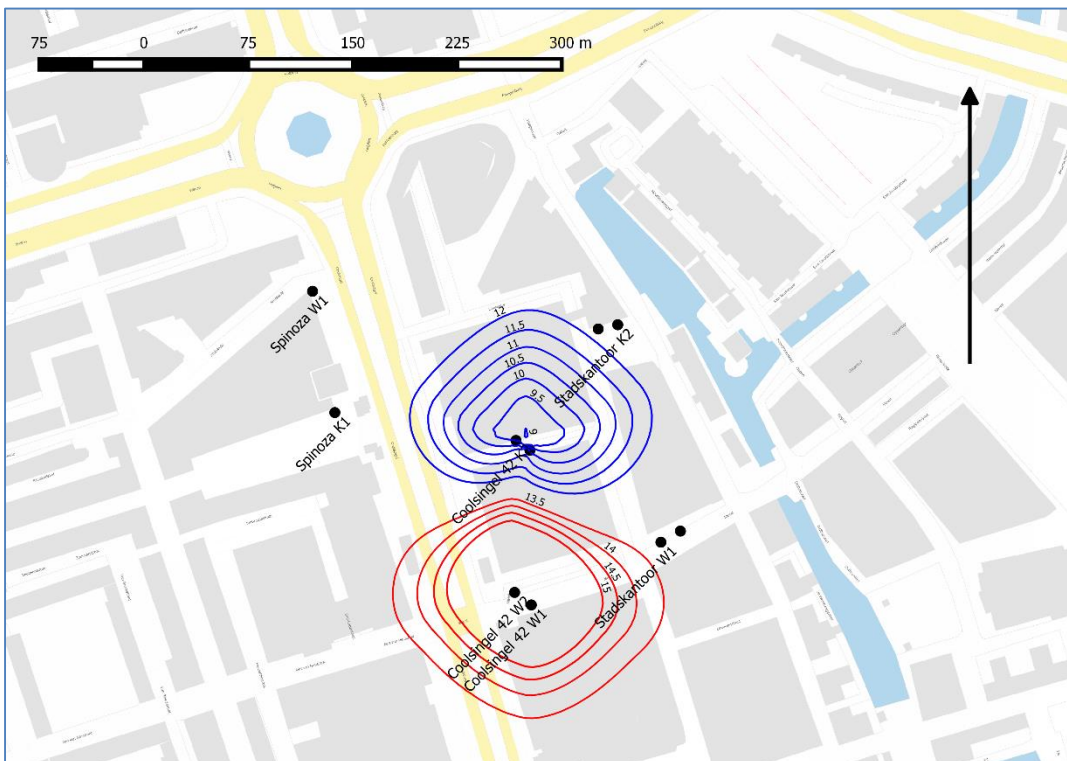
Binnen het berekende hydrothermische invloedgebied van Coolsingel 42 bevinden zich alleen de bronnen van het Stads kantoor. Er is geen negatief hydrothermisch effect van het nieuwe systeem op andere systemen. Volgens het ontwerp van het systeem van Stads kantoor is een onttrekkingstemperatuur van 13 gr. C. nodig uit de warme bronnen. Zelfs onder de invloed van Coolsingel 42 ligt de gemiddelde onttrekkingstemperatuur uit de warme bronnen uit de warme bronnen van Stads kantoor boven de 13 gr. C. Ook in de effectenstudie die ten behoeve van het systeem van Stads kantoor is uitgewerkt (d.d. 6 mei 2014 met referentie 61200/PM/20140506) zijn deze uitkomsten reeds bevestigd.

Conclusie

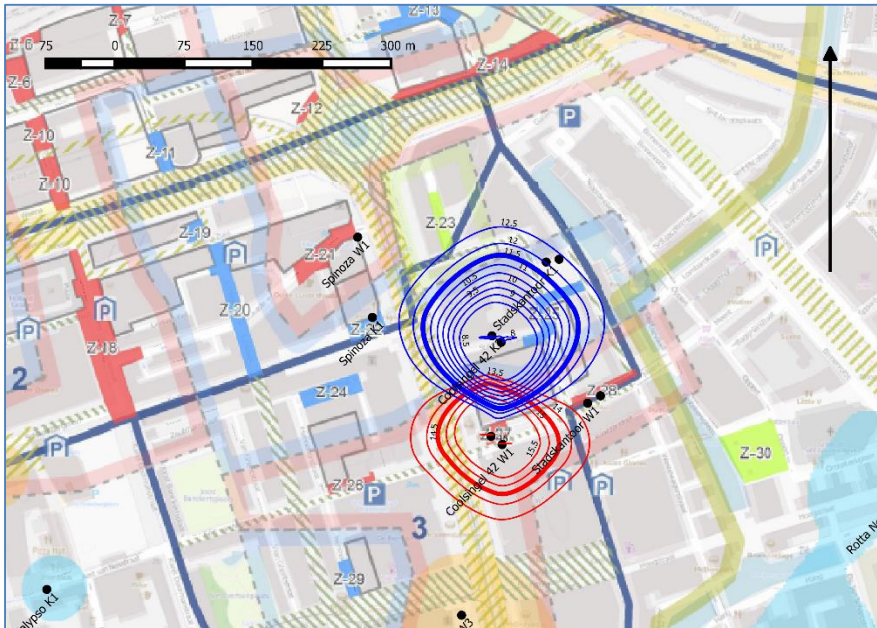
Met uitzondering van het systeem van Stads kantoor liggen er geen andere WKO-systemen binnen het thermische invloedgebied van Coolsingel 42 en is de thermische invloed op deze systemen nihil. Verder wordt vormt het WKO-systeem van Coolsingel 42 geen belemmering voor het WKO-systeem van Stads kantoor, en andersom.



Figuur 8: hydrothermische effecten **Coolsingel 42** einde winter na 20 jaar energieopslag.



Figuur 9: hydrothermische effecten **Coolsingel 42** einde zomer na 20 jaar energieopslag.



Figuur 10: De 1,5-graden isothermen einde zomer en einde winter vallen respectievelijk binnen de thermische zones Z-25 en Z-27 in kerngebied 3 Coolsingel.

De hydrothermische invloed (gebied waarbinnen de verandering van de grondwatertemperatuur meer dan 1,5 °C bedraagt) reikt, berekend per zoekgebied, binnen de thermische zones (toetsingscriterium thermische zones “Z-25” en “Z-27 op plankaart 1 van het Bodemenergieplan), zie figuur 10.

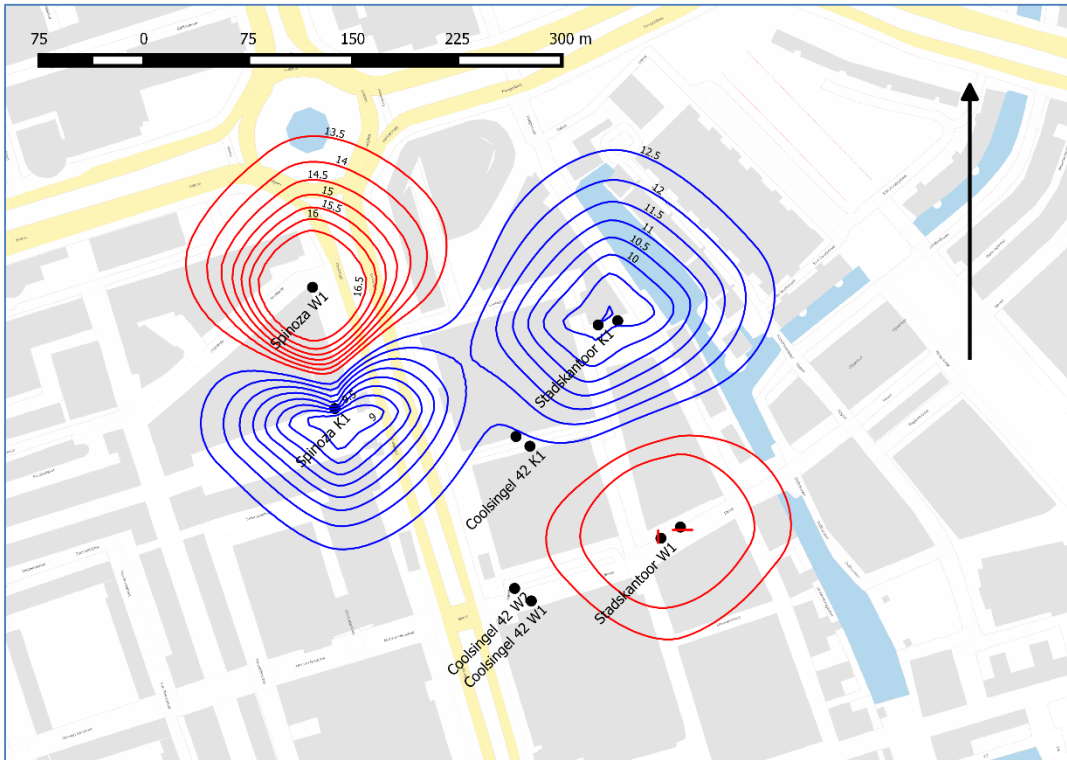
Gecombineerde effecten

Ter illustratie zijn de gecombineerde thermische effecten van de WKO-systemen in kerngebied berekend en vergeleken. Daarbij zijn 2 scenario's berekend:

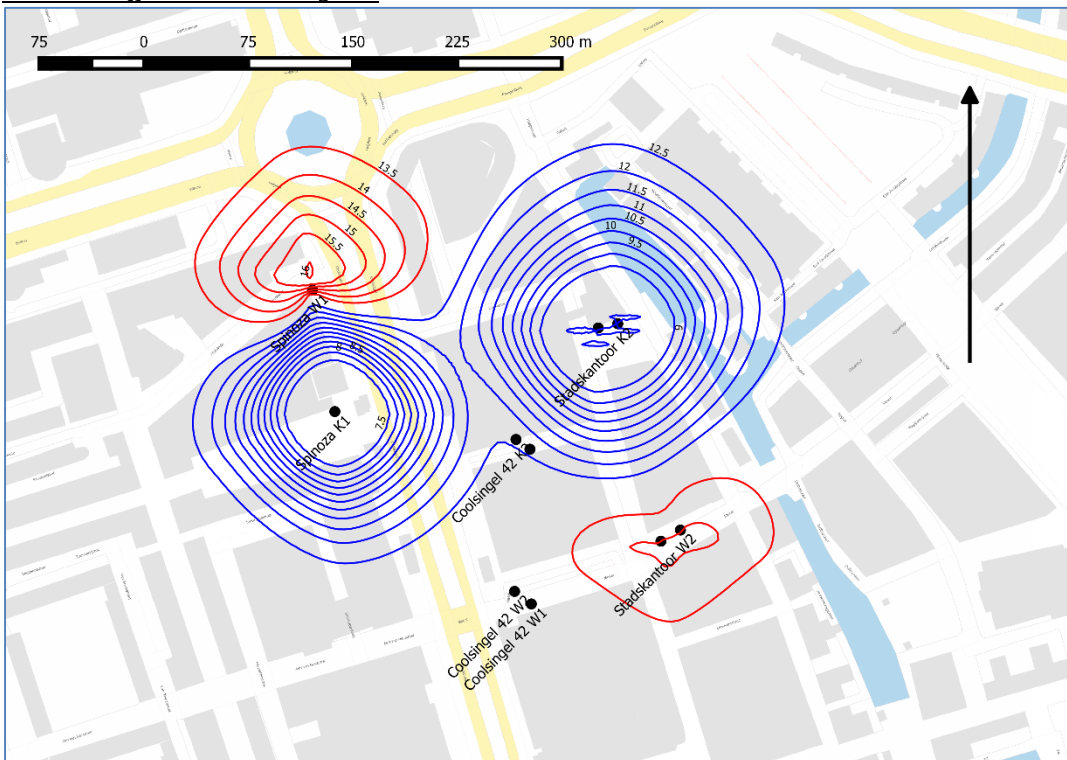
- De gecombineerde thermische effecten van WKO-systemen in kerngebied 3, exclusief Coolsingel 42 (conform figuur 3.5 in de effectenstudie voor Stadskantoor, 6 mei 2014);
- De gecombineerde thermische effecten van de voorgaande **systemen inclusief de effecten van Coolsingel 42** (conform figuur 5.3 in de effectenstudie voor Stadskantoor/WTC, 6 mei 2014).

In feite wordt hiermee een vergelijking gemaakt tussen de meeste recente wijzigingsaanvraag voor Stadskantoor/WTC uit 2014, en de introductie van een nieuw WKO-systeem voor Coolsingel 42.

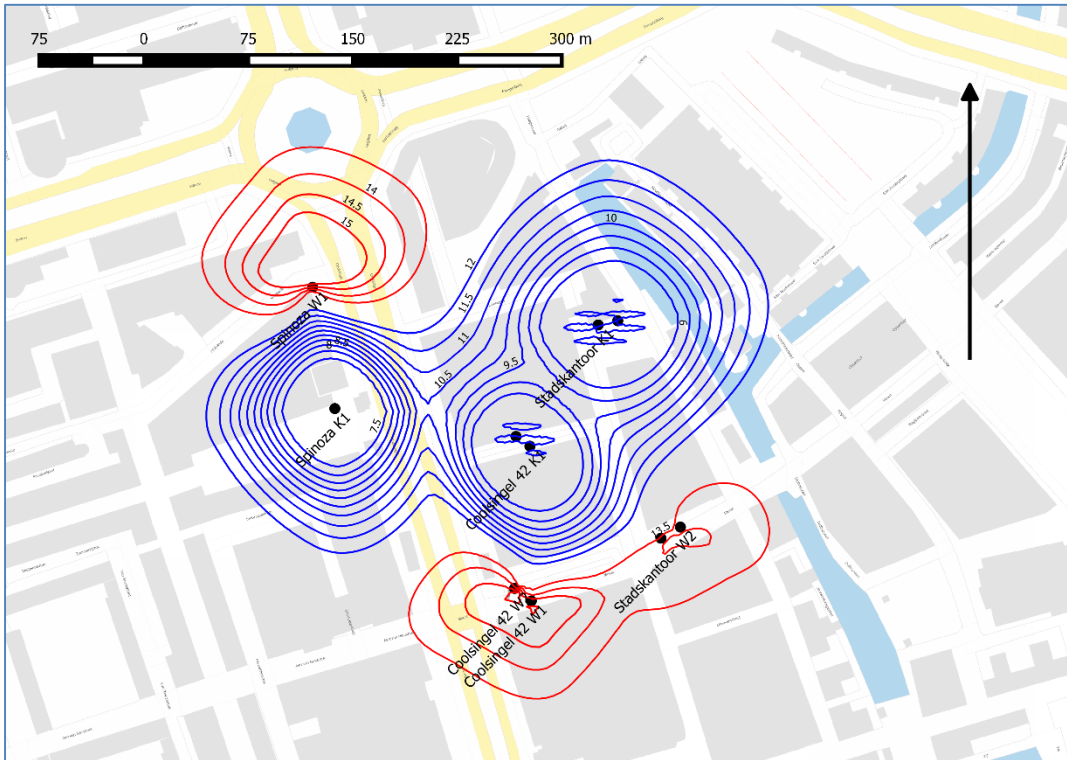
Het gecombineerde thermische invloedgebied van de systemen, exclusief Coolsingel (zie figuren 11 en 12), strekt zich tot maximaal 200 meter buiten het centrum van kerngebied 3 Coolsingel. Het gecombineerde invloedgebied van de systemen inclusief Coolsingel (figuren 13 en 14) strekt zich ook tot maximaal 200 meter buiten het centrum van kerngebied 3 Coolsingel. Uit de berekeningen van de gecombineerde hydrothermische effecten blijken er geen gezamenlijke (extra) hydrothermische effecten op te treden op andere functies en gebruikers.



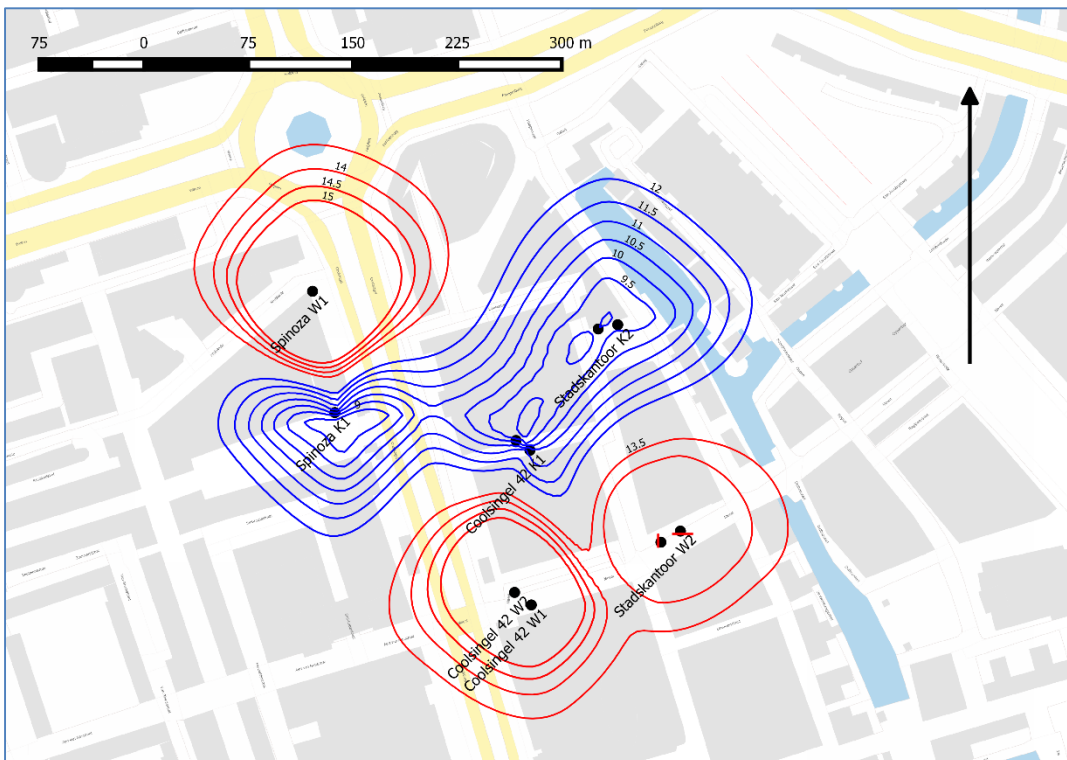
Figuur 11: Gecombineerde hydrothermische effecten WKO-systemen einde winter na 20 jaar energieopslag exclusief de thermische effecten van Coolsingel 42.



Figuur 12: Gecombineerde hydrothermische effecten WKO-systemen einde zomer na 20 jaar energieopslag exclusief de thermische effecten van Coolsingel 42.



Figuur 13: Gecombineerde hydrothermische effecten WKO-systemen einde winter na 20 jaar energieopslag **inclusief de thermische effecten van Coolsingel 42.**



Figuur 14: Gecombineerde hydrothermische effecten WKO-systemen einde zomer na 20 jaar energieopslag **inclusief de thermische effecten van Coolsingel 42.**

Bijlage 3: Zettingen

De bodem bestaat uit zand en kleilagen. Er is een maximale eindzetting berekend van * mm.

Door de dempende werking van de bovenliggende bodemlagen is van zetting aan maaiveld geen sprake (<<1 mm). Ter onderbouwing is in figuur 15 de zettingsberekening weergegeven. Hierbij is de eindzetting berekend op basis van Terzaghi (parameters conform NEN blad 6740). Voor de berekening zijn de maximaal berekende stijghoogteverlagingen per laag opgenomen (worst-case).

Figuur 15: Zettingsberekening uitgevoerd op basis van Terzaghi

Materiaal	[m-mv] diepte	[m] Dikte	[m] stijghoogte verandering tgv WKO [m]	[-] primaire zettingsconstrante	[-] secundaire zettingsconstante	[kg/m3] soortelijke massa	[mm] zetting
	1,4						
Onverz.zone		1,6	0	600	1,00E+99	2000	0
	3						
Deklaag		14	0	15	1,6E+02	1700	0
	17						
Zand		13	0,02	600	1,0E+99	2000	0
	30						
Klei		40		50	6,0E+02	2100	16
	70						
Zand		10	1,37	1000	1,0E+99	2100	0
	80						
Zand		55	4,1	1000	1,0E+99	2100	0
	135						
Zand		105	1	1000	1,0E+99	2100	1
	240						

Max. zetting 17

De maximale eindzetting in de 1^e scheidende kleilaag ter plaatse van de bronnen bedraagt maximaal 17 mm. Het maximale zettingsverhang bedraagt in de directe nabijheid van de bronnen (binnen 10 m rondom de bronnen) circa 1 m per 10.000 m. Het maximale zettingsverhang in de nabijheid van de de metrobus Callandlijn, de RET tramlijn en de spoortunnel die circa 50 meter ten oosten van de projectlocatie zijn gelegen bedraagt circa 0,1 m per 10.000 m.

Conclusie

Er treedt geen maaiveldzetting op ten gevolge van de toepassing van het beoogde WKO-systeem. De theoretisch berekende totale maximale eindzetting bedraagt 17 mm. Deze geringe zetting en de daarmee gepaard gaande verschilzetting zal geen schade aan gebouwen, funderingen, wegen of constructies veroorzaken. Van negatieve effecten ten gevolge van zetting is geen sprake.