

Startpunt voor duurzame energiesystemen

Huis73 Hinthamerstraat 's-Hertogenbosch

Effectenstudie bodemenergiesysteem

Voor vergunningswijziging

21-05-2026

Projectnaam Huis73
Projectlocatie Hinthamerstraat 72 – 74
Datum 21-05-2026
Referentie IA3416Huis73-20260521v4
Rapport opgesteld door 
Gecontroleerd 



Inhoudsopgave

1	INLEIDING	4
2	SYSTEEMBESCHRIJVING	5
2.1	Gegevens bronsysteem	5
2.2	Milieueffecten	7
2.3	Monitoring	7
2.4	Aanleg en onderhoud	7
3	GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE EN OMGEVING	9
3.1	Bodemopbouw	9
3.2	Grondwatergegevens	11
3.3	Bronafstelling voor doublet Huis73	13
3.4	Omliggende systemen	13
3.5	Bodem- en grondwaterverontreinigingen	13
3.6	Beschermingszone drinkwater	14
3.7	Overige beschermingsgebieden	14
3.8	Oppervlaktewater en TEO	15
3.9	Lozingen grondwater bij aanleg en onderhoud	15
3.10	Infrastructuur	15
4	BEREKENING EFFECTEN	16
4.1	Geohydrologische berekeningen	16
4.1.1	Modelopzet	16
4.1.2	Geohydrologische effecten	17
4.2	Hydrothermische berekeningen	20
4.2.1	Modelopzet	20
4.2.2	Thermische effecten	20
4.3	Zettingsberekening	23
4.3.1	Modelopzet	23
4.3.2	Zettingseffect	23
5	GEVOLGEN VAN DE EFFECTEN	24
BIJLAGE I:	BRONLOCATIES	25
BIJLAGE II:	SPF BEREKENING	26

1 Inleiding

Huis73 komt voort uit een samenvoeging van Bibliotheek 's-Hertogenbosch e.o., Muzerij en Bureau Babel. Het is een cultuur-educatief platform voor kennis en talentontwikkeling. Huis73 stimuleert en faciliteert lezen, leren, creativiteit en burgerschap.

Voor de energievoorziening van het gebouw van Huis73 aan de Hinthamerstraat 72 - 74 in 's-Hertogenbosch, is een duurzaam installatieconcept opgesteld in de vorm van een open bodemenergiesysteem (doubletsysteem). Het bodemenergiesysteem maakt in combinatie met de gebouwszijdige installatie deel uit van de totale installatie voor warmte en koude.

Voor de realisatie en het in bedrijf zijn van het bodemenergiesysteem is een Waterwetvergunning nodig. De vergunning voor het bodemenergiesysteem van Huis73 is op 24 oktober 2023 afgegeven door Omgevingsdienst Zuidoost-Brabant. Het kenmerk van het besluit is Z-2023-011712/D-2023-141499.

In oktober 2024 zijn de warme en koude bron voor Huis73 geboord. Naar aanleiding van een afwijkende filterstelling is een aanpassing van de vergunning nodig. Deze effectenstudie is de onderbouwing van de aanvraag voor de vergunningswijziging.

In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de werking van het energieopslagsysteem.

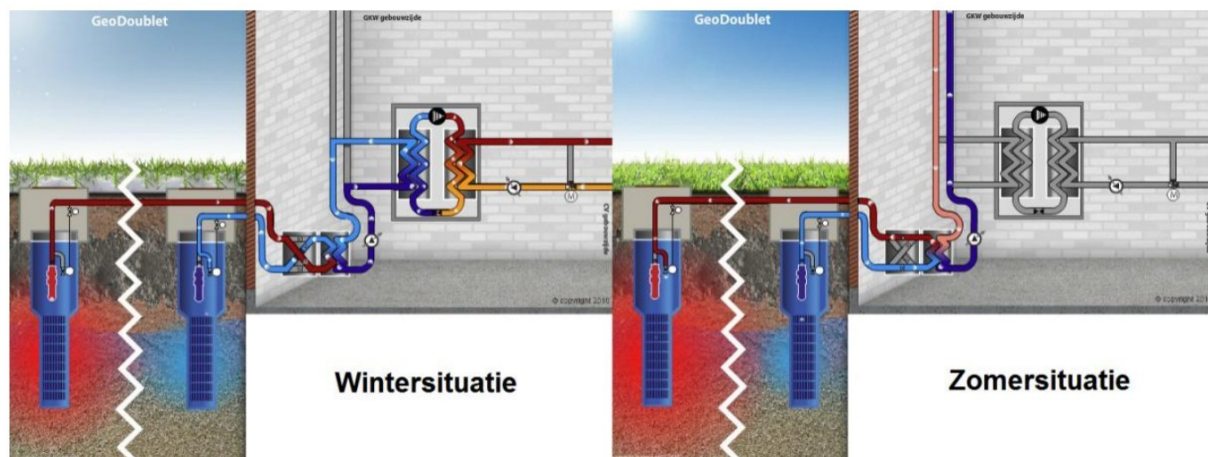
Hoofdstuk 3 behandelt de geohydrologische situatie en de omgeving van de locatie.

Hoofdstuk 4 licht de berekeningen van de effecten toe en hoofdstuk 5 gaat in op de gevolgen van de effecten voor de belangen.

2 Systeembeschrijving

2.1 Gegevens bronsysteem

Het bodemenergiesysteem levert in combinatie met de gebouwzijdige installatie koude en warmte aan het gebouw. Vanwege het gebouwontwerp, de capaciteit van het bodemenergiesysteem, de bodemopbouw ter plaatse in het beschikbare watervoerende pakket en het beschikbare perceel, is gekozen voor een doubletsysteem met 1 warme en 1 koude bron. Overdracht van koude of warmte uit de bodem vindt plaats door middel van een warmtewisselaar, welke is opgesteld in het gebouw.



Figuur 1: Werking bronsysteem winter- en zomersituatie

Beschrijving	Eenheid	Waarde		
Naam project	[-]	Huis73		
Adres	[-]	Hinthamerstraat 72 - 74		
Plaats	[-]	's-Hertogenbosch		
Kadastraal object bronlocatie	[-]	's-Hertogenbosch H6946 en H6293		
			X	Y
Coördinaten bronnen (RD)	[m]	Warm	149.569	411.110
	[m]	Koud	149.523	411.174
Omvang van het bouwwerk (BVO)	[m²]	9.133		
Type systeem	[-]	1 x Doublet Opslag		
Aantal bronnen	[-]	2		
Minimale effectieve filterlengte	[m]	20		
		Zomer		Winter
Maximaal debiet	[m³/uur]	65		65
Maximale verplaatste waterhoeveelheid	[m³/dag]	1.560		1.560
Maximale verplaatste waterhoeveelheid	[m³/maand]	25.000		25.000
Maximale verplaatste waterhoeveelheid	[m³/seizoen]	41.040		61.320
Gemiddelde verplaatste waterhoeveelheid	[m³/seizoen]	34.224		51.065
Maximale verplaatste waterhoeveelheid	[m³/jaar]	102.360		
Gemiddelde infiltratietemperatuur	[°C]	17		9
Minimale/maximale infiltratietemperatuur	[°C]	25		-
Gemiddeld verplaatste energiehoeveelheid (bodemzijdig)	[MWh/seizoen]	160 (koeling/regeneratie)		238 (verwarming)
Bodemzijdig vermogen	kW	404		350

Tabel 1: Systeembeschrijving.

Er is een koudeoverschot van 149% (238 / 160 x 100%) per jaar berekend.

Op basis van kentallen is berekend dat er een grotere warmtevraag dan koudevraag zal zijn.

Wanneer de verwarming volledig met de bron en de water/water warmtepomp wordt verzorgt, zal dit leiden tot een koudeoverschot. De inzet van andere energieopwekkers wordt zoveel mogelijk beperkt i.v.m. rendement, duurzaamheid en emissie.

Het koudeoverschot wordt aangevraagd om ruimte in de vergunning te creëren om tot een zo duurzaam mogelijke energieprestatie te komen.

2.2 Milieueffecten

Op basis van benodigde hoeveelheden koeling en verwarming is een ontwerp gemaakt voor het haalbare rendement in combinatie met het gebouwszijdige deel. Met het bodemenergiesysteem wordt energie bespaard en de CO₂-uitstoot verminderd. De hoeveelheden zijn opgenomen in Tabel 2. De SPF berekening is gegeven in bijlage II.

Beschrijving	Eenheid	Waarde
CO ₂ -emissiereductie	[kg]	61.012
Energiebesparing t.o.v. conventionele koeling/verwarming	[%]	56
SPF _{bes} gemiddeld per jaar	[-]	4,1

Tabel 2: Milieueffecten.

2.3 Monitoring

De regeltechniek is opgebouwd uit een standaard en in de praktijk beproefde besturingstechniek voor energieopslagsystemen. Aan de gebruiker worden schemaplaatjes beschikbaar gesteld waarmee de actuele bedrijfssituatie kan worden gevolgd. Met behulp van een internetverbinding kan het systeem op afstand worden bewaakt mits een onderhoudscontract is afgesloten. In het energiesysteem wordt energieregistratie verzorgd ten behoeve van het bepalen van de thermische balans (geleverde verwarming- en koelenergie) en aangevoerde en afgevoerde grondwaterhoeveelheden per bron. Registraties worden weergegeven in uur, dag- en maandtabellen en grafieken. Deze gegevens bieden optimale mogelijkheden om de systeemprestaties van de energiecentrale te bewaken. De resultaten kunnen worden gebruikt voor de rapportage aan de vergunningverlener.

2.4 Aanleg en onderhoud

De bronnen zijn geboord volgens BRL SIKB protocol 2101, Mechanisch Boren. Met dit protocol wordt gewaarborgd dat het milieu zo minimaal mogelijk belast wordt. De ruimte rondom het filter en de stijgbuis van de bronnen is ter hoogte van de zandlagen aangevuld met filter- of aanvulgrind. Ter hoogte van de kleilagen is zwelklei aangebracht. De elektrisch aangedreven bronpompen worden op diepte aangebracht, waardoor aan maaiveld het geluid van de pompen niet hoorbaar is.

Het leidingwerk tussen de bron en gebouw wordt aangelegd op circa 1 m-mv. De vrijgekomen grond uit de sleuven voor het leidingwerk wordt zoveel mogelijk weer teruggebracht in de bodem. Het oppervlak in de sleuven wordt gelijk aan het omliggende maaiveld afgewerkt.

Bij de aanleg en het onderhoud van bodemenergiesystemen wordt in eerste instantie zoveel mogelijk voorkomen dat afvalwater ontstaat. In de praktijk zal er echter nog altijd een beperkte hoeveelheid water verwijderd moeten worden. De maximale spuihoeveelheden staan in Tabel 3.

Beschrijving	Eenheid	Waarde
Maximale hoeveelheid ontwikkelwater	[m ³]	8000
Maximale spuihoeveelheid	[m ³ /jaar]	500

Tabel 3: Spuihoeveelheden.

Voor het lozen van het water is de “voorkeursvolgorde voor lozingen bij aanleg en onderhoud van bodemenergiesystemen” aangehouden.

- lozen in of op de bodem;
- lozen in het oppervlaktewater;
- lozen schoonwaterstelsels (regenwater- of ontwateringsstelsel);
- lozen in een vuilwaterriool;
- afvoeren per as als afvalstof.

De bronnen van het bodemenergiesysteem zijn gerealiseerd in 2024. Het vrijgekomen ontwikkelwater is in overleg met de gemeente geloosd op het gemengde riool.

Voor onderhoud en beheer van het bodemenergiesysteem zal geen water worden geloosd. Reiniging van het bronwater vindt plaats via een filterinstallatie die gekoppeld is aan het bronsysteem, waarna het water in de bodem (via de bronnen) retour wordt gebracht. Netto wordt geen grondwater onttrokken en geloosd.

3 Geohydrologische situatie en omgeving

3.1 Bodemopbouw

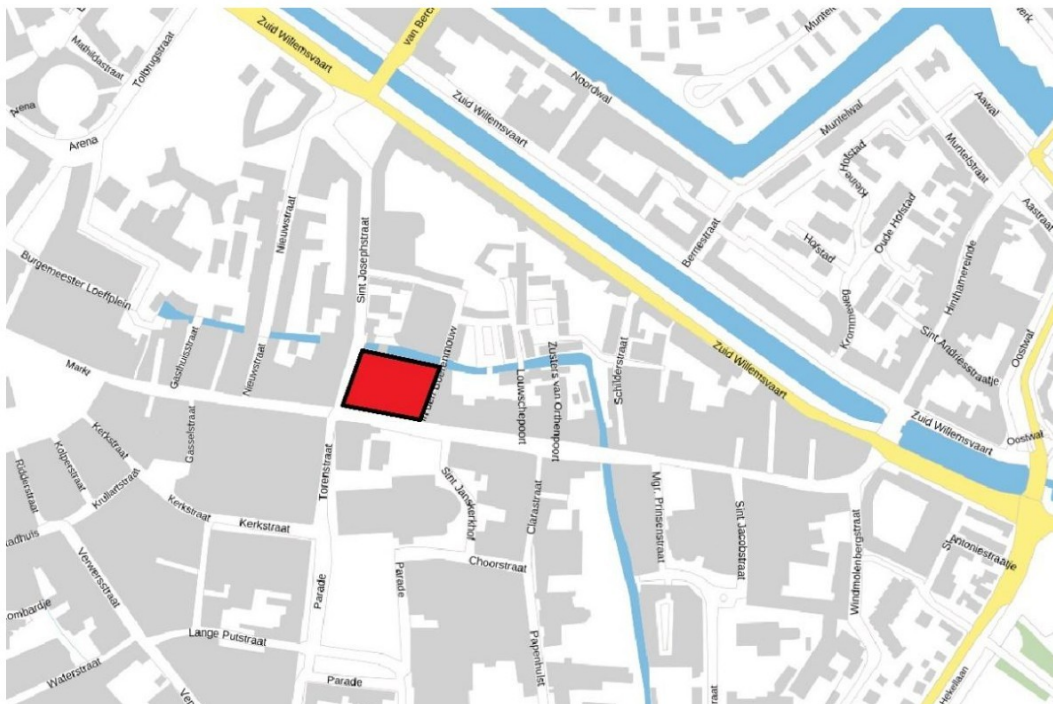
De bodemopbouw van de locatie is beschreven op basis van de volgende gegevens:

1. Regionaal Geohydrologisch Informatie Systeem (REGIS);
2. Boorbeschrijvingen uit archief DINOLoket
3. Boringen uit eigen archief
4. Uitgevoerde boringen voor Huis73

In de omgeving van het projectgebied zijn meerdere boringen uitgevoerd waarvan de meeste tot circa 80 meter diepte. De reden hiervan is de restrictie dat in Noord-Brabant de regel van toepassing was dat tot maximaal 80 meter diepte geboord mag worden i.v.m. bescherming van drinkwater in de diepere watervoerende lagen.

De regelgeving hiervoor is met de nieuwe omgevingswet aangepast waardoor dieper boren dan 80 meter lokaal mogelijk is.

Samen met het profiel van de omgeving en de voor Huis 73 uitgevoerde boringen is goed inzicht in de bodemopbouw in de omgeving verkregen.



Figuur 2 Projectlocatie Huis73, centrum 's-Hertogenbosch.

In tabel 4 is de bodemopbouw weergegeven met de kengetallen van de doorlatendheden van de verschillende watervoerende lagen en de weerstand van de slecht doorlatende lagen.

De tabel is samengesteld volgens het landelijk model REGIS II.2 en gecontroleerd aan de hand van de boorbeschrijvingen van de uitgevoerde boringen.

De gemiddelde maaiveldhoogte van de projectlocatie is +6,30 mNAP.

Beschrijving laag	Top (m-mv)	Basis (m-mv)	c (dagen)	kD (m ² /dag)	kh (m/dag)
Deklaag	0	5		--	--
Watervoerende pakket 1a	5	15		250	25
Watervoerende pakket 1b	15	85		2.500	40
Scheidende laag 1	85	110	1000 - 5000		
Watervoerende pakket 2	110	205		950 – 1.900	10 - 20
Scheidende laag	205	210	> 500		
Watervoerende pakket 3	210	320		1.100 – 2.200	10 - 20
Geologische basis	320				

Tabel 4. Bodemopbouw projectgebied

De deklaag bestaat uit een matig fijn tot lokaal zeer grof zand. Lokaal kan ook een kleilaag voorkomen. Lokaal is er puin aanwezig in de eerste meters min maaiveld.

Watervoerende pakket 1a behoort tot de Formatie van Boxtel. Deze afzetting bestaat voornamelijk uit matig grof tot zeer grof zand.

Watervoerende pakket 1b behoort tot de Formatie van Sterksel. Het pakket bestaat voornamelijk uit matig grof tot zeer grof en uiterst grof zand. In het pakket komen op verschillende dieptes enkele klei- of leemlagen voor.

Scheidende laag 1 bestaat uit stevige klei en veen en behoort tot de Formatie van Waalre.

De laag vormt een duidelijke scheiding tussen het 1^e en het 2^e watervoerende pakket en is de laag welke door de provincie is bestempeld als onderzijde van het pakket waarin bronfilters mogen worden geplaatst voor open bodemenergiesystemen.

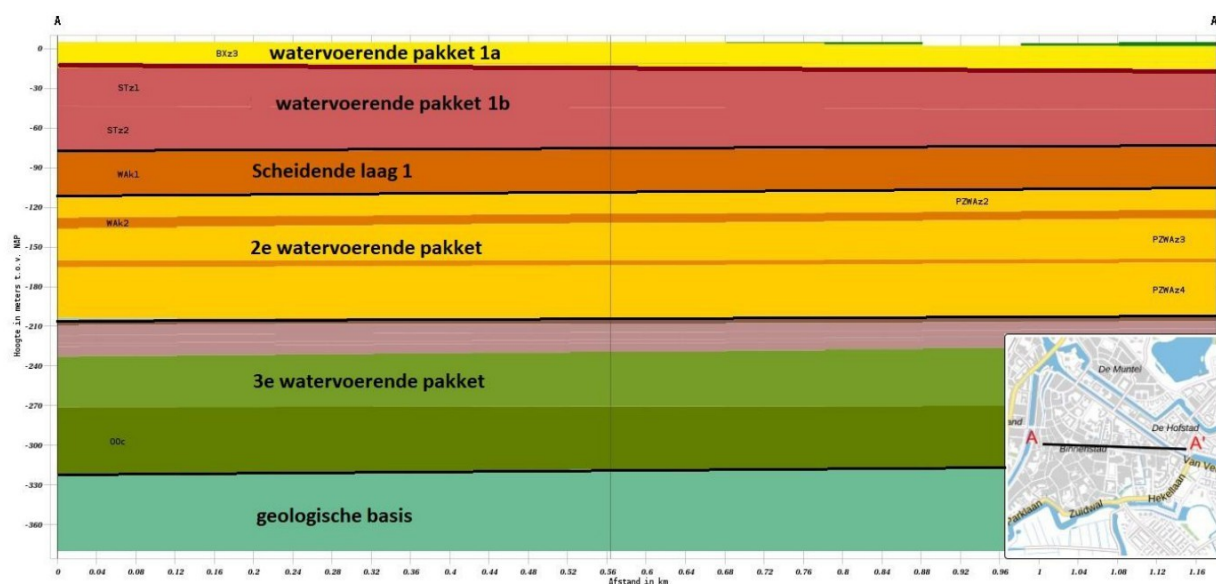
Onder de scheidende laag bevindt zich het 2^e watervoerende pakket. Dit bestaat voornamelijk uit matig fijne tot matig grove zandlagen, lokaal afgewisseld met enkele dunne kleilagen.

Het pakket behoort volledig tot de Formatie van Peize en Waalre.

Het 3^e watervoerende pakket zit onder een dun scheidend laagje tussen 2^e en 3^e pakket en bestaat uit matig fijne tot matig grove zanden met daarin fijne, slibhoudende lagen. Het pakket behoort tot de Kiezeloollietformatie en Formatie van Oosterhout.

Onder het 3^e watervoerende pakket bevindt de Formatie van Breda. Deze formatie wordt algemeen gezien als geohydrologische basis omdat het pakket is afgezet onder mariene omstandigheden (zee). De lagen van dit pakket bestaan voornamelijk uit zeer fijne tot matig fijne zand met bijmenging van silt, afgewisseld met sterk zandige klei.

In figuur 3 is een profiel weergegeven van de bodem op locatie 's-Hertogenbosch.

Verticale Doorsnede BRO REGIS II v2.2


Figuur 3. Geohydrologisch dwarsprofiel over de projectlocatie (bron: REGIS II).

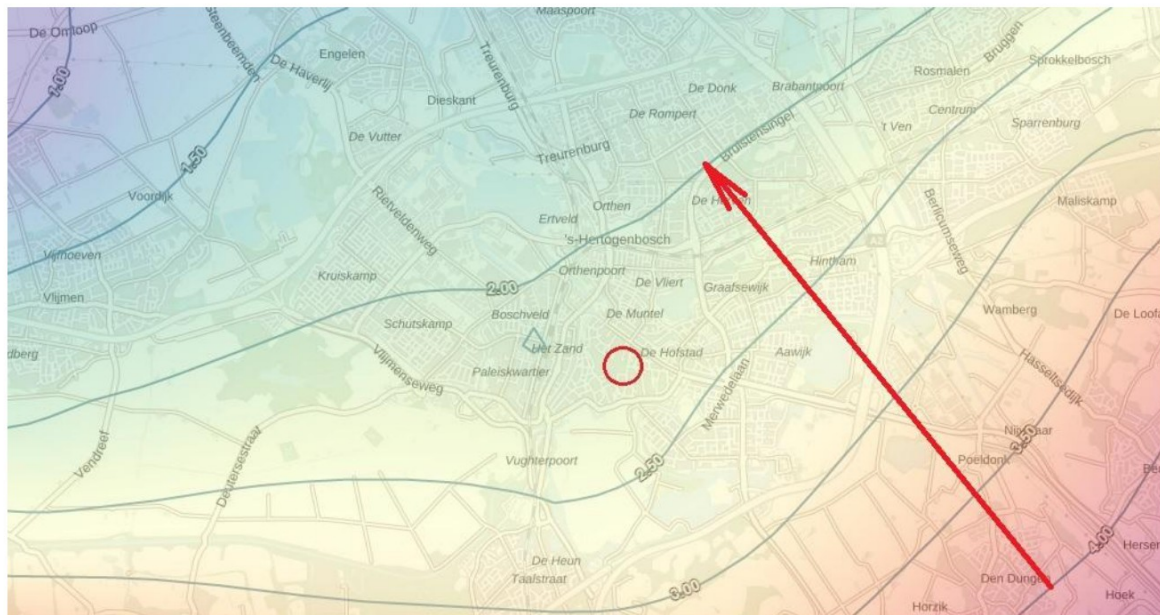
3.2 Grondwatergegevens

De grondwaterstromingen zijn bepaald aan de hand van de isohypsen grondwaterkaarten van Grondwatertools. De gemiddelde maaiveldhoogte op locatie is ca. 6,30 m+NAP.

De grondwatergegevens staan vermeldt in Tabel 4 en de isohypsen van watervoerende pakket 1b zijn weergegeven in Figuur 4. Grondwaterstanden freatisch en watervoerende pakket 1a en 1b zijn ontleend aan metingen welke zijn uitgevoerd op de bronnen van Huis73.

Pakket	Stijghoogte (m t.o.v. NAP)	Stijghoogte (m t.o.v. maaiveld)	Stromings-richting
Freatisch	+2,65	-3,65	--
Watervoerende pakket 1a	+2,50	-3,80	noordnoordwest
Watervoerende pakket 1b	+2,50	-3,80	noordnoordwest
Watervoerende pakket 2	+0,50	-5,75	noordnoordoost
Watervoerende pakket 3	+0,50	-5,75	noord

Tabel 4: Grondwatergegevens (bronnen: Grondwatertools + capaciteitsmetingen bronnen).



Figuur 4. Isohypsen watervoerend pakket 1b (bron: Grondwatertools).

De rode cirkel in figuur 4 geeft de ligging van de projectlocatie aan. De isohypsen van watervoerende pakket 1b zijn weergegeven omdat in dit pakket de bronnen zijn afgesteld van het bodemenergiesysteem.

De rode pijl geeft de stromingsrichting aan van het grondwater in watervoerende pakket 1b.

Gebaseerd op het verhang van de stijghoogten is er een grondwaterstroming in watervoerende pakket 1b van circa 5 tot 9 meter per jaar verwacht richting noordnoordwest.

Temperatuur

De temperatuur in het opslagpakket heeft een natuurlijke normale waarde van ca. +13 à 13,5 °C.

(bron: capaciteitsmeting monobron Muzerije op circa 250 meter afstand en capaciteitsmeting bronnen Huis73).

Kwaliteit

De overgang van zoet naar brak en van brak naar zout water zit dieper dan -200 mNAP op de overgang van het 2^e naar het 3^e watervoerende pakket.

De redoxgrens (grens tussen zuurstofhoudend en ijzerhoudend water) bevindt zich in watervoerende pakket 1a/1b tussen 10 en 20 meter min maaiveld.

3.3 Bronafstelling voor doublet Huis73

Beschrijving	Eenheid		
Keuze watervoerend pakket (opslagpakket)	[m-mv]	watervoerende pakket 1b	
		Van	tot
Diepte filtertraject	[m-mv]	30	80
Minimale filterlengte	[m]	20	

Tabel 5: Bronafstelling.

3.4 Omliggende systemen

Bij de Omgevingsdienst Noordoost Brabant zijn gegevens opgevraagd over de aanwezigheid van permanente energieopslagsystemen rond het plangebied. Een overzicht van de vergunde systemen binnen een straal van 500 meter is samengevat in Tabel 6.

Project	Afstand (m) en richting	Systeem soort	Debiet per uur (m³)	Debiet per jaar (m³)	Filters (m.-mv)
Muzerije	210 m oost	monobron	15	103.500	35 - 63
Theater a/d Parade	220 m zuid	doublet	115	200.000	25 - 80
Arena Stoa	350 m NW	doublet	80	265.250	40 - 80
Nieuwenhagen WZC	320 m noord	monobron	20	50.000	40 - 72

Tabel 6: Omliggende open bodemenergiesystemen.

In de omgeving van Huis73 zijn gesloten bodemenergiesystemen aanwezig. De dichtstbijzijnde zit op circa 160 meter afstand. Er zal geen negatieve interferentie zijn tussen het gesloten systeem en een open bodemenergiesysteem voor Huis73.

3.5 Bodem- en grondwaterverontreinigingen

Via de afdeling Leefomgeving van de gemeente 's-Hertogenbosch is onderzocht of er sprake is van verontreinigingen. In het gebied rondom de projectlocatie Hinthamerstraat en Sint Josephstraat zijn geen verontreinigingen of verdachte locaties aanwezig. Van een drietal locaties is zijn door de gemeente aanvullende gegevens toegestuurd. Dit betreft dan de rapportages van de volgende dossiers:

DB079600851 (Transformatie polikliniek GZG terrein Nieuwstraat 26 – 36)

DB079600043 (Tolbrugstraat en Burg Loeffplein, voormalig ziekenhuis en horeca)

DB079602357 (Tolbrugstraat)

DB079600851 betreft een verontreiniging in de bovenste grondlagen (0,0 tot 1,0 m.-mv) van koper, zink en lood. De locatie is voorzien van een nieuwe leeflaag waarbij 50 m³ grond is vervangen.

Omdat er geen werkzaamheden op deze locatie plaatsvinden voor realisatie van het bodemenergiesysteem zijn hier geen nadelige gevolgen voor het milieu aan de orde. De locatie Nieuwstraat 26 – 36 ligt op 140 meter van de warme bron van Huis73 en valt daarmee net binnen de grenzen van de hydrologische invloed. Omdat er echter geen sprake is van invloed in watervoerende laag 1a of freatisch, zal er geen invloed zijn op de leeflaag.

DB079600043 betreft een lichte tot sterke verontreiniging van koper en lood waarbij in 2016 564 m³ grond is vervangen. Ook is sprake van een lichte verontreiniging met PAK en minerale olie. Ondiep grondwater is licht verontreinigd met arseen en/of zink maar niet met minerale olie of vluchtige aromaten.

Omdat er geen werkzaamheden op deze locatie plaatsvinden voor realisatie van het bodemenergiesysteem zijn hier geen nadelige gevolgen voor het milieu aan de orde. Locatie ligt buiten invloedssfeer van bodemenergiesysteem.

Deze verontreiniging valt wel binnen het hydrologisch invloedsgebied van winkelcentrum STOA maar dus niet binnen het gebied van Huis73.

DB079602357 (Tolbrugstraat) betreft een verontreiniging waarbij in zowel de boven- als ondergrond zijn sterk verhoogde gehalten aan lood en koper aangetoond. Daarnaast zijn zowel in de boven- als ondergrond licht verhoogde gehalten PCB, PAK en zware metalen aangetoond. In de steekbus, welke ter verificatie was genomen, zijn geen verhoogde gehalten xylenen en overige onderzochte stoffen aangetoond. Gezien de aard van de verontreiniging (stedelijke ophooglaag met bodemvreemde bijmengingen), de relatie met de bijmengingen en het sterke heterogeniteit van deze bijmengingen in de bodem, wordt nader onderzoek naar de omvang van de verontreiniging niet zinvol geacht. Het grondwater bevindt zich ruimschoots onder de verontreinigingen en levert derhalve geen risico op. Locatie ligt buiten invloedssfeer van bodemenergiesysteem.

Uit het historisch onderzoek blijkt dat diverse voormalige activiteiten voldoende zijn onderzocht en nazorg niet nodig is. Onder deze activiteiten zijn onder andere een wasserij bekend aan de Hinthamerstraat en direct ten noorden van de projectlocatie waren dit op locatie Mariënborg diverse activiteiten waaronder een frisdranken- en mineraalwaterfabriek. Al deze activiteiten zijn al lang geleden beëindigd.

Buiten het hydrologisch invloedsgebied van de bronnen voor Huis73 is wel een sanering actief aan de Tolbrugstraat / Burg. Loeffplein (DB079602357). De verontreinigingen hiervan zitten relatief ondiep (minder dan 20 meter).

Er zijn geen activiteiten gevonden welke bronnen voor bodemenergiesystemen in de diepere ondergrond beperken.

3.6 Beschermingszone drinkwater

Het centrum van 's-Hertogenbosch ligt niet in een beschermingszone voor drinkwater.

Op ruim 1.000 meter ten noordwesten van de centrum ligt een beschermingszone waarbinnen restricties gelden voor de realisatie van bodemenergiesystemen. Deze beschermingszone is met name een bescherming van het consumptiewater van Heineken. Er is geen sprake van wederzijdse invloed tussen de bronnen van Heineken en het doublet voor Huis73.

3.7 Overige beschermingsgebieden

De projectlocatie aan de Hinthamerstraat 72 - 74 valt niet binnen een gebied met:

- Verbodsgebied bescherming drinkwater;
- Aandachtsgebied natuur of Natura 2000 gebied;
- Aandachtsgebied aardkundige waarden;

De locatie ligt wel in een aandachtsgebied voor archeologie. Bij de uitvoering van werkzaamheden moet er rekening mee worden gehouden dat de gemeente aanvullende voorwaarden kan stellen bij het roeren van de ondergrond.

Aandacht bij uitvoering van werkzaamheden voor een bodemenergiesysteem

Eerste voorwaarde is dat er een vergunning wordt aangevraagd vóórdat met de aanleg van bronnen kan worden gestart. De bedrijven die een bodemenergiesysteem ontwerpen, realiseren of onderhouden, dienen allen hiervoor te beschikken over de juiste certificaten zoals omschreven in BRL 6000-21 en BRL 11000.

Daarnaast moeten de boorbedrijven beschikken over het juiste certificaat en daarmee moeten zij werken volgens het Protocol Mechanisch Boren.

3.8 Oppervlaktewater en TEO

De projectlocatie ligt dicht bij een oppervlaktewater. Afhankelijk van de vermogens en energiebalans van het bodemenergiesysteem kan oppervlaktewater of TEO (Thermische Energie uit Oppervlaktewater) worden ingezet ter ondersteuning van een bodemenergiesysteem. Vooralsnog is dit niet voorzien voor Huis73.

3.9 Lozingen grondwater bij aanleg en onderhoud

Tijdens de aanleg van de bronnen is water geloosd voor het ontwikkelen van de bronnen. Dit water is in overleg met de gemeente geloosd op het riool.

Ook bij periodiek onderhoud van de bronnen zal water worden geloosd. Het water welk hierbij vrijkomt zal retour worden gebracht in de bodem. Voor de reiniging van het water zal gebruik gemaakt worden van een filterinstallatie.

In het geval van calamiteiten zal het water uit de bronnen worden geloosd op het hemelwaterriool. Ook dit is afgestemd met de gemeente.

3.10 Infrastructuur

De bronnen en leidingen zijn gerealiseerd in de openbare ruimte. Dit betekent dat er o.a. kabels, leidingen en riolering in de ondergrond aanwezig zal zijn.

Voor de uitvoering dient rekening te worden gehouden met aanvoer van zwaar materieel om de boring(en) te kunnen uitvoeren. Vanwege plaatsing in een voetgangersgebied en rijbaan voor gemobiliseerd verkeer zullen putkelders met toegangsdeksels moeten worden geplaatst.

Bij een opname ter plaatse van het project zijn in overleg met (de adviseur van) de gemeente 's-Hertogenbosch de locaties van de bronnen bepaald (zie bijlage I)

4 Berekening effecten

Om een inschatting te kunnen maken van de gevolgen van de toepassing van energieopslag zijn de effecten berekend.

4.1 Geohydrologische berekeningen

De geohydrologische berekening is uitgevoerd met het computerprogramma MLU (Hemker), dat is ontworpen voor de berekening van effecten van bronnen in aquifers.

4.1.1 Modelopzet

De schematisering voor het model volgt de bodemopbouw zoals beschreven in hoofdstuk 3.1. Voor de modelberekening is het eerste watervoerende pakket verder opgedeeld zoals weergegeven in Tabel 7. Omdat in zowel de boring van de warme als van de koude bron kleilagen voorkomen, is ook een weerstand van 50 dagen meegenomen in watervoerende pakket 1b. In MLU is ook rekening gehouden met de aanwezigheid van de aangetroffen kleilagen.

In Tabel 8 zijn de parameterwaarden voor het systeem van Huis73 weergegeven. De filters zijn volledig afgesteld in het traject tussen 30 en 80 meter min maaiveld. In MLU is ook de onderverdeling aangehouden dat de filters van de warme en koude bron uit meerdere filterdelen bestaat.

Modellaag	Diepte (m-mv)	Dikte (m)	Doorlatendheid (m/d)	kD (m ² /d)	Weerstand (d)
Deklaag	0 - 5	4			5
WVP 1a	5 - 15	10	25	250	
WVP 1b	15 - 30	15	20	300	
WVP 1b filterpakket	30 - 80	50	40	2.000	50
WVP 1b	80 - 85	5	40	200	
SDL 2	85 - 110	25			1.500

Tabel 7: Modelschematisering bodemopbouw

Omschrijving parameter	Eenheid	Waarde
Debiet per uur	[m ³ /uur]	65
Debiet per dag (24 uur vollast per dag)	[m ³ /dag]	1.560
Filtertraject	[m-mv]	30 tot 80
Filterlengte (minimaal)	[m]	20
Doorlaatvermogen ter hoogte van het filter (kD)	[m ² /dag]	800

Tabel 8: Parameterwaarden voor modellering Huis73 systeem.

4.1.2 Geohydrologische effecten

De resultaten van de berekeningen zijn opgenomen in Tabel 9 en Figuur 5. Rondom de warme bronnen treedt in de zomersituatie verhoging van het grondwater op; rondom de koude bronnen verlaging. In de winterperiode is dit omgekeerd.

De in tabel opgenomen waardes zijn ontleend aan de berekeningen volgens MLU waarbij wat extra marge is aangehouden tussen de werkelijke doorlatendheid van de bodem en de in MLU aangehouden waardes.

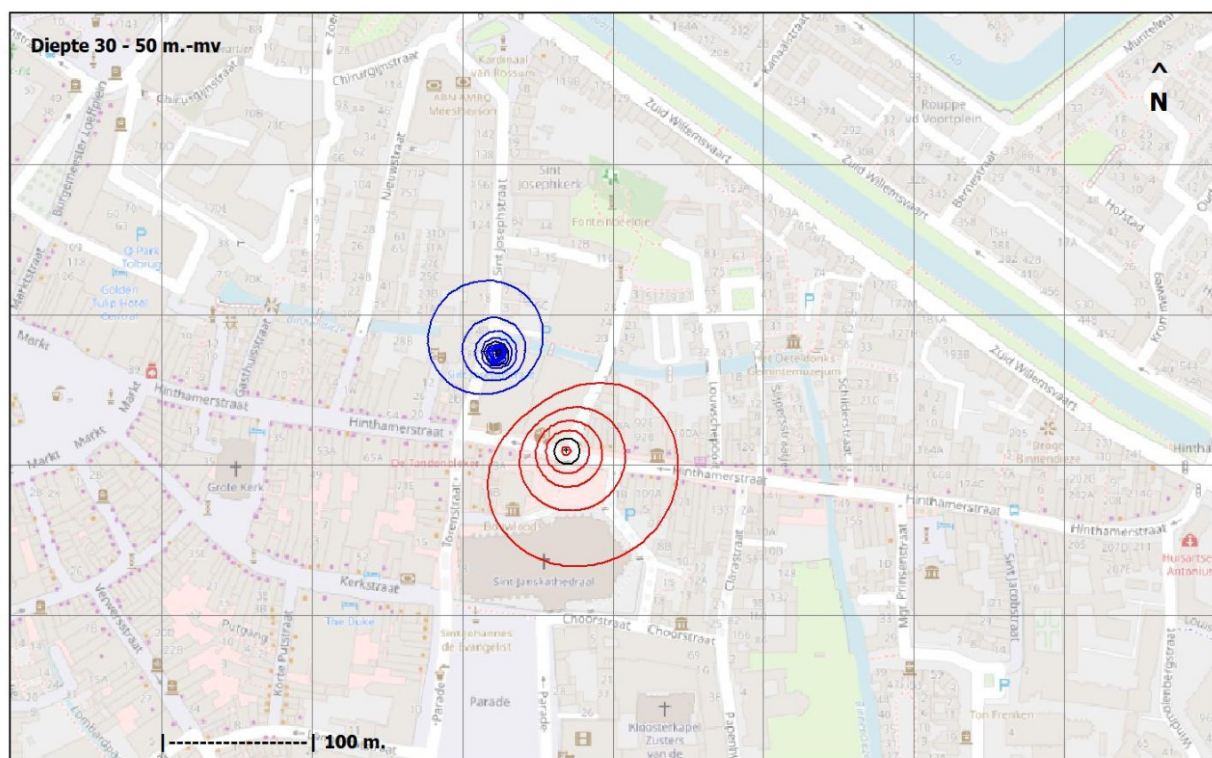
De uitgevoerde capaciteitsmetingen in de bronnen geven een maximale stijghoogteverandering in de bronnen aan van 0,85 meter bij een broncapaciteit van 61,80 m³/uur (minimaal specifiek debiet van 72,71 m³/uur/m).

De uitkomsten van MLU geven een maximale stijghoogteverandering van 1,35 meter bij een broncapaciteit van 65 m³/uur (specifiek debiet 48,15 m³/uur/m). De berekening met MLU is daarmee worst case.

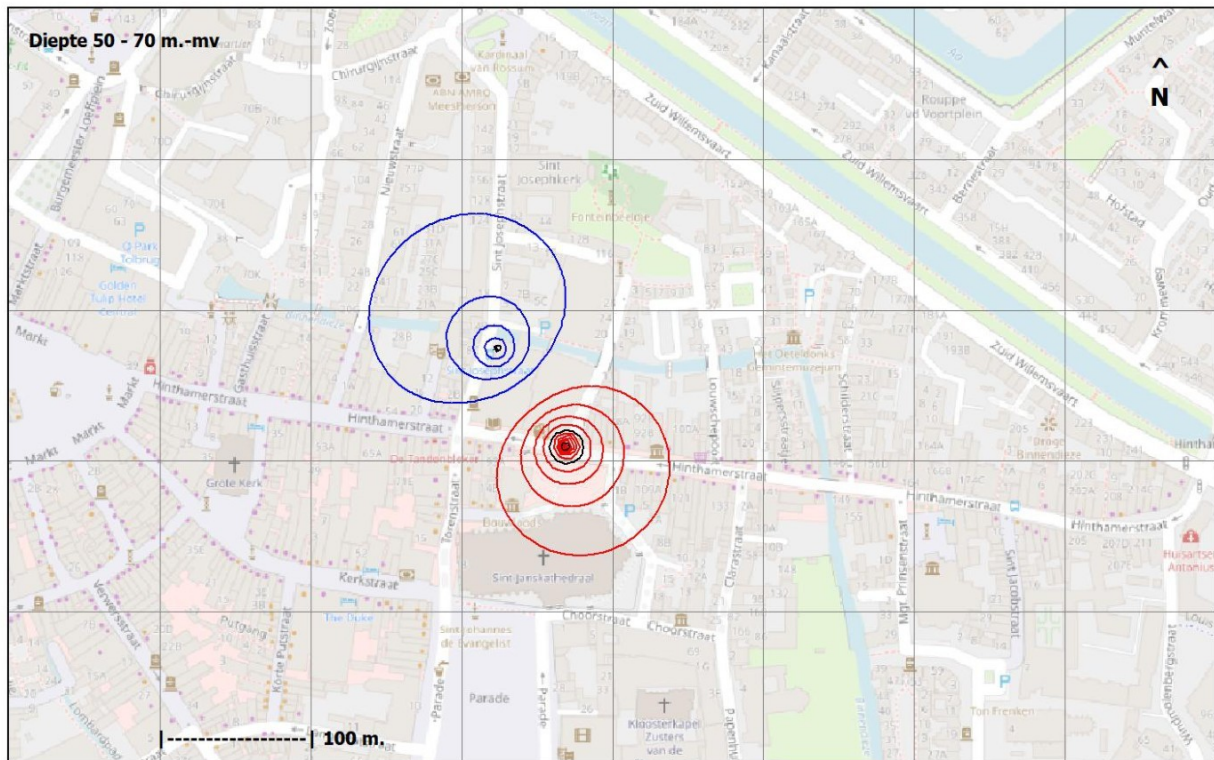
De in tabel 9 aangegeven waardes zijn in werkelijkheid minder groot.

Omschrijving effect	Eenheid	Waarde
Maximale stijghoogteverandering freatisch pakket/deklaag	[m]	<0,05
Maximale stijghoogteverandering WVP 1a	[m]	0,17
Maximale stijghoogteverandering WVP 1b ter hoogte van filters	[m]	1,35
Invloedsgebied warme bron	[m]	80
Invloedsgebied koude bron	[m]	125

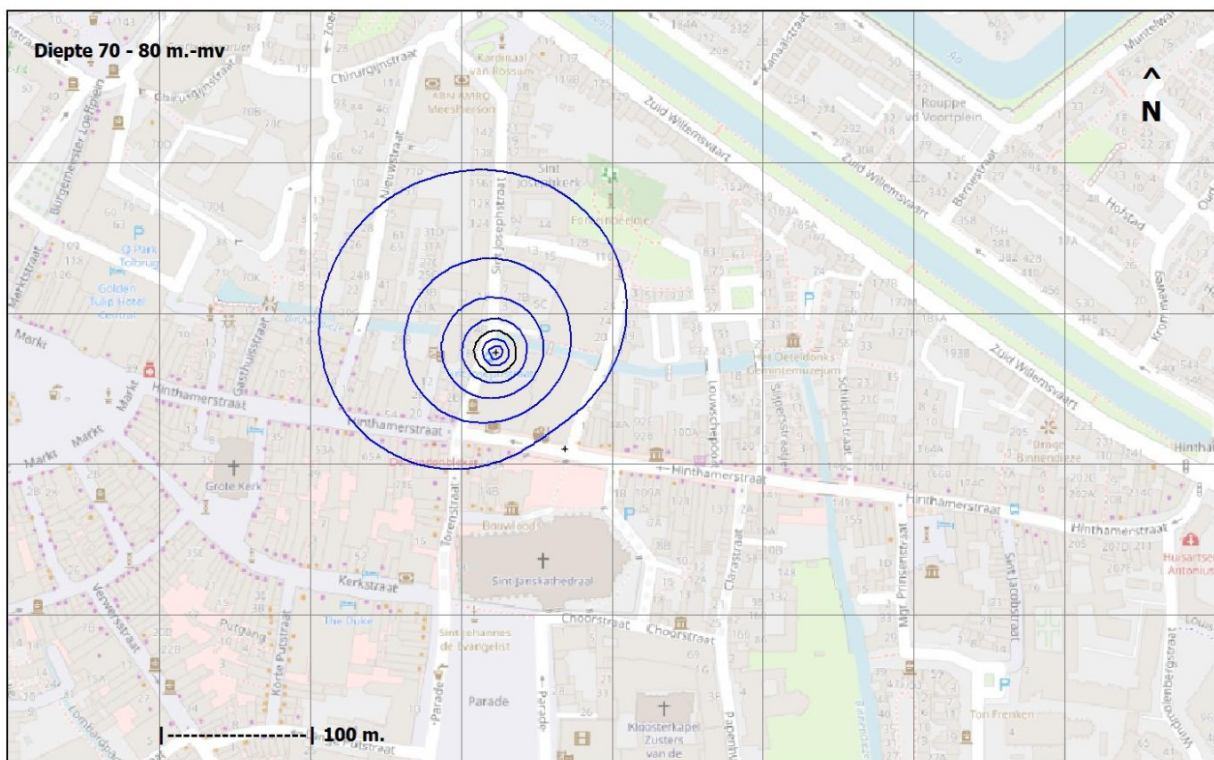
Tabel 9: Geohydrologische effecten.



Figuur 5. Stijghoogtelijnen bronnen Huis73. Diepte 30 – 50 m.-mv. Contourinterval 0,05 m.



Figuur 6. Stijghoogtelijnen bronnen Huis73. Diepte 50 – 70 m.-mv. Contourinterval 0,05 m.



Figuur 7. Stijghoogtelijnen bronnen Huis73. Diepte 70 – 80 m.-mv. Contourinterval 0,05 m.

De hydrologische effecten van de koude bron naar de omgeving zijn op diepte 70 – 80 m.-mv iets groter vanwege de filterstelling van de koude bron en de aanwezigheid van een kleilaagje van 68 – 70 m.-mv, vlak boven het diepste filterdeel van de koude bron.

Betreffende kleilaag is niet aangetroffen in de warme bron. Ter plaatse van de warme bron zit wel een kleilaag rond 53- 55 m.-mv, tussen de filters.

Omliggende bodemenergiesystemen

In de omgeving van het bodemenergiesysteem van Huis73 liggen meerdere andere bodemenergiesystemen (zie Tabel 6). Er is echter geen sprake van hydrologische invloed van het bodemenergiesysteem van Huis73 naar de omliggende bodemenergiesystemen. Het dichtst bij zijnde systeem zit op 210 meter afstand terwijl de maximale hydrologische afstand van een bron slechts 125 meter bedraagt.

4.2 Hydrothermische berekeningen

De hydrothermische effectbepaling is erop gericht het bereik van het thermisch front te bepalen. De hydrothermische effecten zijn berekend met het programma HstWin-2D.

4.2.1 Modelopzet

Het doubletsysteem van Huis73 bestaat uit een koude en een warme bron. De toegepast effectieve filterlengte voor elke bron bedraagt minimaal 20 meter. De grondwaterstroming en het watertransport zijn in één laag gemodelleerd. De dikte van deze laag is gelijk gesteld aan de minimale effectieve filterlengte van 20 meter. In de Tabel 10 zijn de gebruikte parameters weergegeven. Hierbij is rekening gehouden met de gemiddelde waterverplaatsing, niet met de maximale waterverplaatsing. Fluctuerende jaren middelen elkaar uit, daarom geeft de gemiddelde waterverplaatsing een beter beeld dan de maximale waterverplaatsing.

Omschrijving parameter	Eenheid	Waarde
Grondwaterverplaatsing per seizoen winter	[m ³]	51.065
Grondwaterverplaatsing per seizoen zomer	[m ³]	34.224
Gemiddelde infiltratietemperatuur winter	[°C]	9
Gemiddelde infiltratietemperatuur zomer	[°C]	17
Warmtegeleidingscoëfficiënt opslagpakket	[W/(mK)]	2,4
Warmtecapaciteit droge korrels in opslagpakket	[MJ/m ³ K]	2,0
Volumetrische warmtecapaciteit van opslagpakket	[MJ/m ³ K]	2,5
Porositeit opslagpakket	[-]	0,35
Laagdikte filterlaag	[m]	20
Grondwaterstroming	[m/jaar]	9 NW
Tijd	[jaar]	20

Tabel 10: Gebruikte parameterwaarden voor thermische modelberekening Huis73.

4.2.2 Thermische effecten

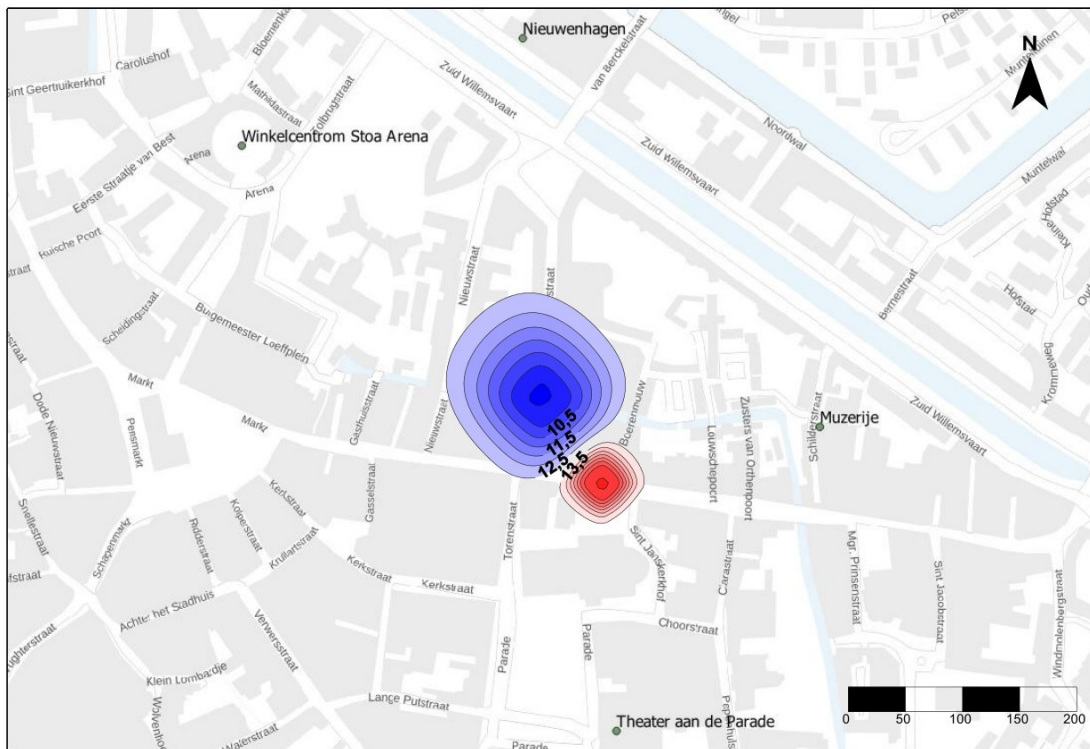
De thermische effecten vanaf het middelpunt van de bonnen, na 20 jaar, zijn genoemd in Tabel 11. In Figuur 8 en Figuur 9 zijn de thermische effecten na twintig jaar weergegeven, aan het einde van het winter- en zomerseizoen. Het jaarlijkse koude overschot is in de berekeningen meegenomen.

Omschrijving effect	Eenheid	Waarde
Maximaal thermisch invloedsgebied zomer (warme bel)	[m]	40
Maximaal thermisch invloedsgebied winter (koude bel)	[m]	105

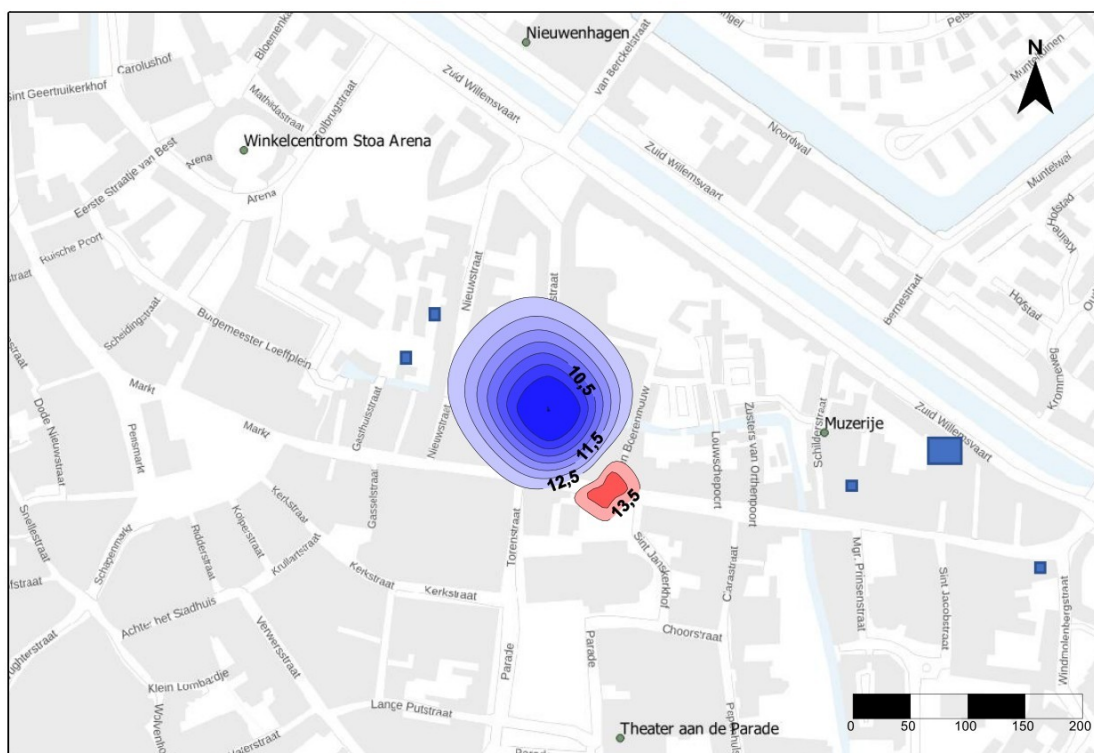
Tabel 11: Thermische effecten.

Aan maaiveld zal geen temperatuurverandering meetbaar zijn.

Er is ook geen sprake van thermische invloed op gesloten systemen omdat de dichtst bij zijnde systemen op minimaal 160 meter afstand zitten en de maximale thermische invloed van Huis73 tot 105 meter reikt. Zie ook figuur 9 waarin de locaties van de gesloten bodemenergiesystemen in de omgeving zijn aangegeven.



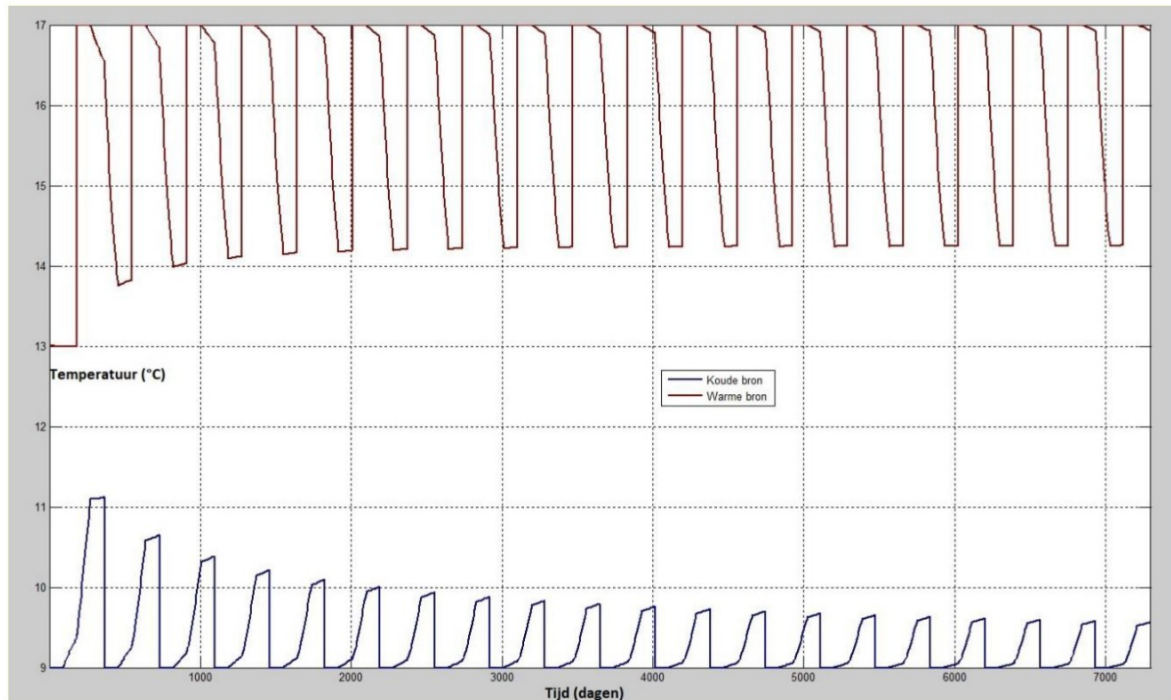
Figuur 8: Maximale isothermen na 20 jaar energieopslag, Huis73, einde zomerseizoen.



Figuur 9: Maximale isothermen na 20 jaar energieopslag, Huis73, einde winterseizoen, incl. locaties GBES.

Binnen het thermische invloedsgebied van de bronnen van Huis73 liggen geen andere bodemenergiesystemen.

Vanwege het koudeoverschot is ook gecontroleerd of de warme bron op termijn wordt beïnvloed door het koudeoverschot. Uit het verloop van de temperatuur van de warme bron blijkt dat dit niet het geval is. De temperatuur van de warme bron blijft vanaf jaar 5 stabiel. De minimale onttrekkingstemperatuur uit de warme bron aan het einde van de winter daalt niet als gevolg van het koudeoverschot.



Figuur 6: Temperatuurverloop bronnen Huis73.

4.3 Zettingsberekening

De stijghoogteverandering van het grondwater als gevolg van de energieopslag kunnen zetting tot gevolg hebben. De totale zetting is afhankelijk van de lokale bodemopbouw en de verlaging van de grondwaterstand tijdens onttrekken uit de bron.

4.3.1 Modelopzet

De mogelijke zetting van de bodem is berekend met de formules van Terzaghi/Koppejan. Hiervoor is de bodem op dezelfde wijze geschematiseerd als voor de berekening van de effecten; naar zandpakketten en scheidende lagen (zie figuur 9). De bodemopbouw is afgeleid van de bodemopbouw volgens REGIS (bron DINOLoket) en de uitgevoerde boringen voor de bronnen van Huis73. Via deze methode wordt een eindzetting berekend die theoretisch kan optreden bij oneindige lange periode onttrekken van grondwater uit de bron. De maximale verlaging per bodemlaag is afkomstig uit de capaciteitsmeting van de bronnen.

Zettingsberekening											
Project:		Huis73									
Laag	Diepte	Dikte	Soortelijk gewicht	Zettingsconstante	Waterdruk gemiddeld	stijghoogte m-m.v. bedrijf m-m.v.	Waterdruk gemiddeld	Korrelspanning	Korrelspanning secundair	Verandering korrelspanning	Zetting
			kg/m3	(-)	kPa		kPa	kPa	kPa	kPa	mm.
Deklaag	5	5	1950	1000	-11,5	-3,71	-12,1	84,6	42,3	-0,3	0,00
WVP 1a	30	25	2000	1000	137,75	-3,97	136,6	337,2	210,9	-1,15	0,06
Filterpakket	80	50	2000	1000	511	-5,35	503,4	851	594,1	-7,6	0,28
WVP 1b	85	5	2000	1000	785	-3,97	778,4	887,2	869,1	-6,6	0,02
Scheidende laag	110	25	1900	50	926	-5,80	926,15	1130,5	1008,85	0,15	-0,03
Totale zetting (m)										0,32	

Situatie grondwater in rust

Hoogtes	m NAP	m. - maaiveld	m. - m.v. delta H
maaiveld	6,3		6,24
GRWST	2,65	-3,65	-3,71
WVP 1a	2,5	-3,80	-3,97
WVP 1b	2,3	-4,00	-5,35
WVP 2	0,5	-5,80	-5,80

Zetting bij bron		0,32 mm.
Zetting op 10 meter		0,15 mm.
Zettingverhang		0,02 mm/m

4.3.2 Zettingseffect

Omschrijving effect	Eenheid	Waarde
Maximale eindzetting ter plaatse van bron	[mm]	0,32
Maximale eindzetting op 10 meter vanaf de bron	[mm]	0,15
Zettingsverhang	[mm/m]	0,02

Tabel 12: Zettingseffecten.

De zetting blijft onder de maximale toegestane zetting van 150 mm volgens NEN 6740. Ook het zettingsverhang blijft binnen de gestelde normen.

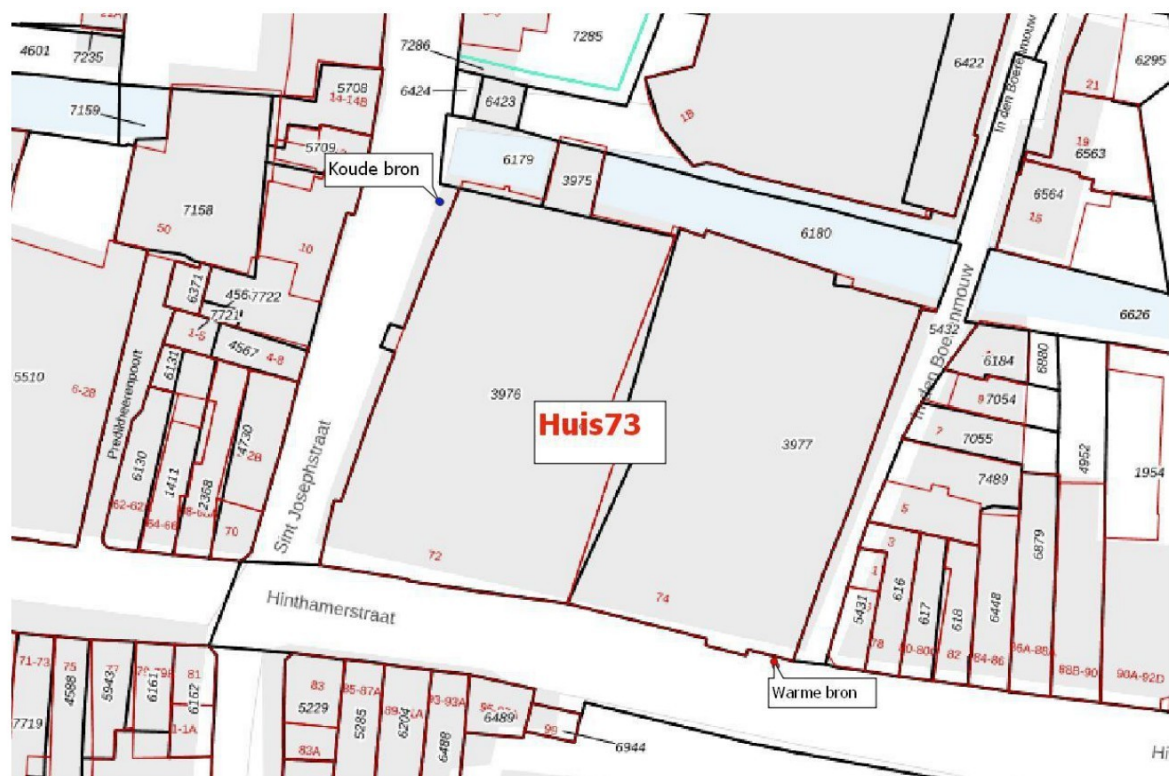
5 Gevolgen van de effecten

In Tabel 13 is weergegeven of er gevolgen zijn voor de aanwezige belangen. Als er gevolgen zijn zullen deze worden besproken na de tabel.

Belangen	Gevolgen door:			
	Geohydrologische effecten	Thermische effecten	Zettingseffecten	Realisatie
Open bodemenergiesystemen	nee	nee	n.v.t.	n.v.t.
Gesloten bodemenergiesystemen	n.v.t.	nee	n.v.t.	n.v.t.
Overige grondwatersystemen	nee	nee	n.v.t.	n.v.t.
Grondwaterverontreiniging <10 m-mv	nee	n.v.t.	n.v.t.	nee
Grondwaterverontreiniging >10 m-mv	nee	n.v.t.	n.v.t.	nee
Zoet-/brak grens	nee	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Oppervlakte water	nee	nee	n.v.t.	n.v.t.
Redoxgrens	nee	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Grondwatertemperatuur	n.v.t.	nee	n.v.t.	n.v.t.
Landbouw, natuur en stadsgroen	nee	nee	n.v.t.	nee
Bebouwing en infrastructuur	nee	n.v.t.	nee	nee
Archeologie	nee	n.v.t.	nee	nee
Beschermde gebieden	nee	nee	nee	nee

Tabel 13: Gevolgen voor belangen.

Bijlage I: Bronlocaties

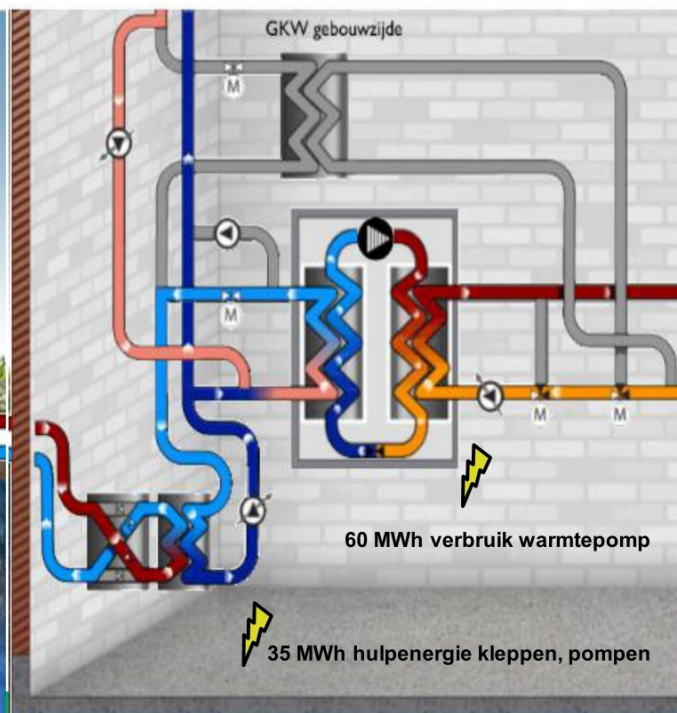
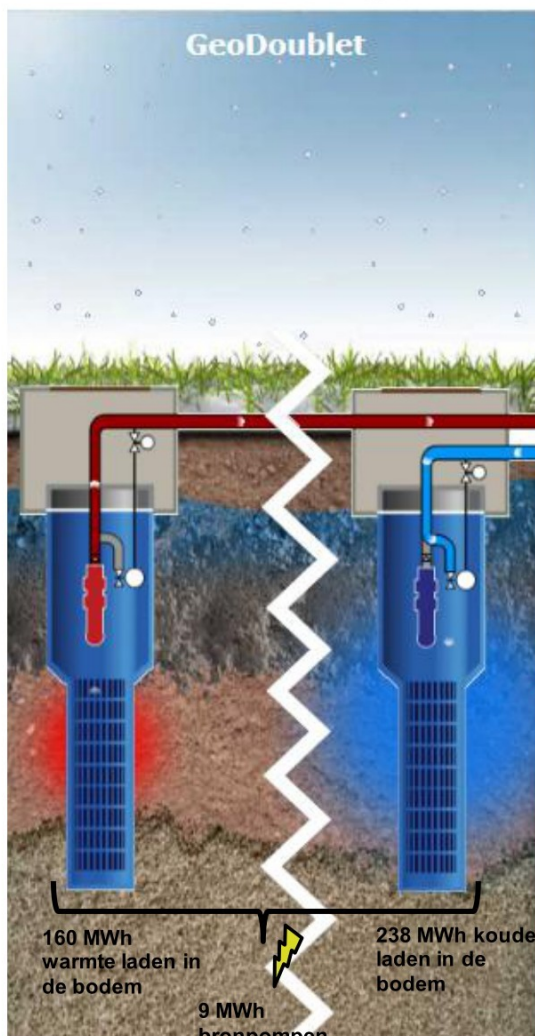


Bijlage II: SPF berekening



Situatie:

Energielevering aan gebouw		
135	MWh koude	298 MWh warmte excl. aanvullende verwarming



135 MWh koudelevering aan gebouw
 298 MWh warmtelevering aan gebouw, exclusief aanvullende verwarming
 60 MWh verbruik warmtepomp
 35 MWh hulpenergie kleppen, pompen ed.
 9 MWh bronpompen
 2 MWh regeneratie

$$\text{SPF} = \frac{135 + 298}{60 + 35 + 9 + 2} = 4,10$$

Installect Advies

Ampèrestraat 19c
3861 NC Nijkerk
033 246 58 58

Dorpsstraat 28
7234 SP Wichmond
0575 44 11 87

info@installect.nl
www.installect.nl