

Bodemenergieplan

Voor gesloten bodemenergiesystemen in Kloosterakker Fase 1 te Assen





Datum 1 november 2019

Referentie 69153/HeM/20191101

Betreft Bodemenergieplan voor gesloten bodemenergiesystemen in Kloosterakker Fase 1 te Assen

Behandeld door F. van Aken en R. Wennekes

Gecontroleerd door H. Mathijssen

Versienummer 2.1

OPDRACHTGEVER

Gemeente Assen
Mevr. M. van Lommel
Noordersingel 33
Postbus 30018
9400 RA ASSEN
T 0592 - 140 592
E m.lommel@assen.nl

OPSTELLER BODEMENERGIEPLAN

IF Technology bv
Velperweg 37
Postbus 605
6800 AP Arnhem
T 026 35 35 555
E info@iftechnology.nl

INHOUDSOPGAVE

1 Inleiding	4
1.1 Kloosterakker Fase 1	4
1.2 Hoe werkt een gesloten bodemenergiesysteem?	5
1.3 Interferentie	5
1.4 Interferentiegebied	5
1.5 Bodemenergieplan met regels	6
1.6 Leeswijzer	6
2 Geohydrologisch onderzoek	7
2.1 Bodemopbouw	7
3 Bodemenergieplan	13
3.1 Doelstelling	13
3.2 Interferentie en ontwerp	13
3.3 Uitgangspunten interferentieberekening	14
3.4 Resultaten interferentieberekening	14
3.5 Maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking	15
3.6 Temperatuurcorrectie door interferentie	16
4 Regels	17
4.1 Algemene regels	17
4.2 Locatie specifieke regels	17
5 Voorbeeldberekening	19
5.1 Inleiding	19
5.2 Voorbeeld kavelgrootte 140 m ²	19
5.3 Voorbeeld kavelgrootte 400 m ²	22
5.4 Warmtevraag groter dan maximale netto jaarlijkse warmtelevering bodem	24
Bijlage 1 Figuur met thermische beïnvloeding	25
Bijlage 2 Warmteonttrekking en temperaturen	26
Bijlage 3 Nummering gesloten systemen	27
Bijlage 4 Documenten voorbeeldberekeningen	28

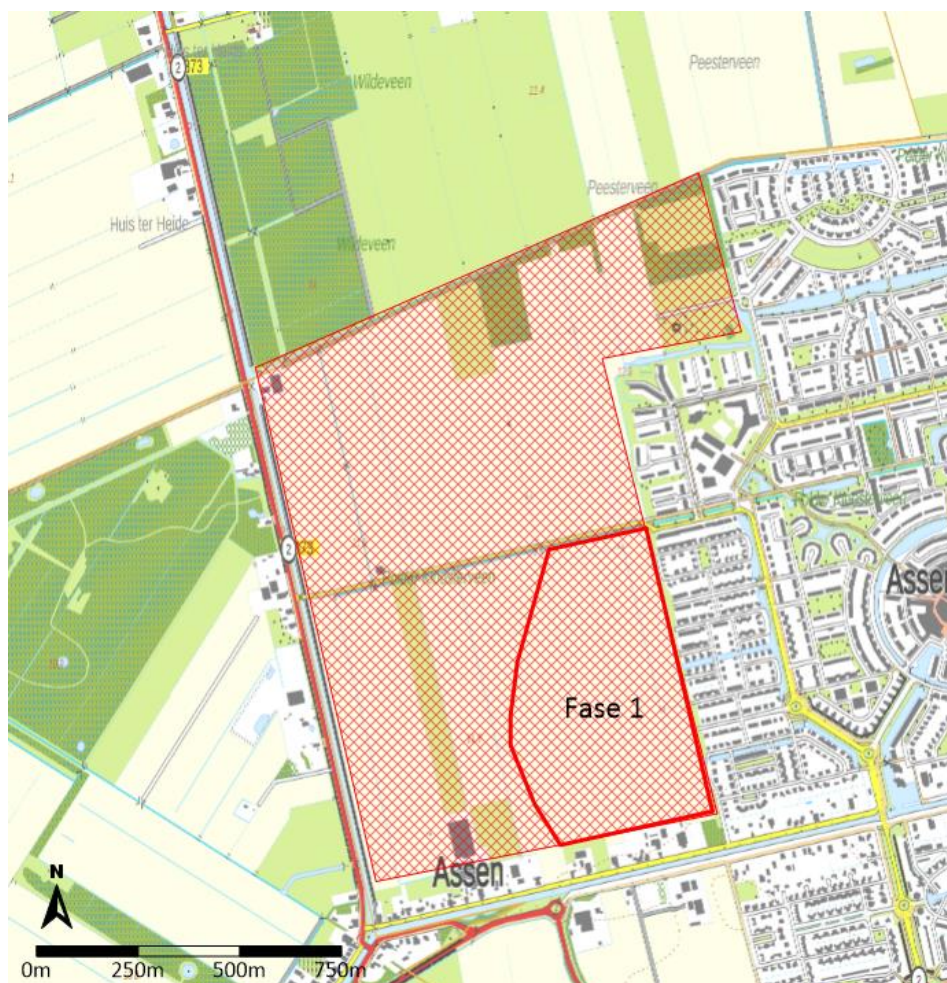
1 Inleiding

1.1 KLOOSTERAKKER FASE 1

In Assen wordt een nieuwe woonwijk ontwikkeld genaamd Kloosterakker. In de eerste fase (Kloosterakker Fase 1) worden circa 500 grondgebonden woningen gerealiseerd.

De gehele woonwijk wordt niet voorzien van een warmte- of een gasnetwerk. De verwarming van de woningen en het tapwater dient dus op een andere wijze plaats te vinden. Een van de duurzame opties is het toepassen van elektrisch aangedreven individuele combiwarmtepompen met een gesloten bodemenergiesysteem.

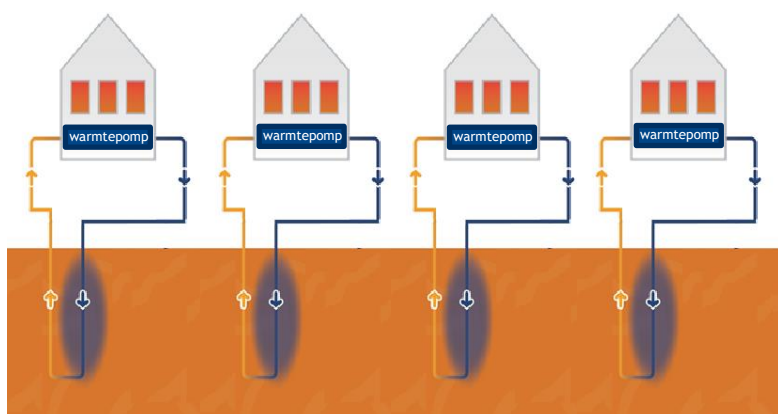
Door warmteonttrekking aan de bodem met de warmtepompen, daalt de temperatuur van de bodem. Hiervan kan in de zomer weer gebruik worden gemaakt om de woning van koeling te voorzien. De jaarlijkse warmteonttrekking aan de bodem zal echter groter zijn dan de jaarlijkse warmtetoevoer in de zomer. Hierdoor daalt de temperatuur van de bodem in de gehele woonwijk en zullen de systemen invloed op elkaar hebben (interferentie).



Figuur 1.1 | Kloosterakker Assen (gearceerd, Fase 1 is omkaderd)

1.2 HOE WERKT EEN GESLOTEN BODEMENERGIESYSTEEM?

Gesloten bodemenergiesystemen bestaan uit verticale boorgaten in de bodem die zijn voorzien van een kunststof bodemlus. Hiermee wordt warmte aan de bodem onttrokken of toegevoerd door middel van geleiding. Het is een gesloten systeem, waardoor geen grondwater wordt onttrokken en wordt geïnfilteerd.



1.3 INTERFERENTIE

Bij toepassing van gesloten systemen in de woningbouw wordt netto warmte onttrokken aan de bodem. Dit leidt tot een daling in temperatuur van de bodem. Elk nieuw te realiseren gesloten bodemenergiesysteem voor elke woning, moet daarom rekening houden met de temperatuurdaling van de bodem ten gevolge van alle andere nabij gelegen gesloten bodemenergiesystemen in de omgeving.

Om de temperatuurdaling van de bodem ten gevolge van grootschalige warmteonttrekking aan de bodem te beperken, is in dit bodemenergieplan per kavel de maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter bodemdiepte berekend en vastgesteld. Bij het ontwerp van elk gesloten bodemenergiesysteem dient rekening te worden gehouden met deze maximale warmteonttrekking en met de lagere temperatuur van de bodem. Hiermee worden thermisch gezien robuuste systemen verkregen en wordt doelmatig gebruik gemaakt van de ondergrond.

1.4 INTERFERENTIEGEBIED

De gemeente Assen heeft Kloosterakker Fase 1 aangewezen als een interferentiegebied. Dit houdt in dat voor gesloten bodemenergiesystemen, naast de melding in het kader van Besluit lozen buiten inrichtingen, de Omgevingsvergunning beperkte milieutoets (Obm) bij het bevoegd gezag moet worden aangevraagd. Bij de aanvraag dient rekening gehouden te worden met de hiervoor geldende proceduretermijn.

1.5 BODEMENERGIEPLAN MET REGELS

Voor het verkrijgen van de vergunning (Obm) dient te allen tijde te worden voldaan aan de regels die in dit bodemenergieplan zijn omschreven. Deze regels zijn zo opgesteld dat alle woningen in Kloosterakker Fase 1 met nieuw te realiseren gesloten bodemenergiesystemen doelmatig gebruik kunnen maken van de ondergrond voor bodemenergie. Daarnaast zorgen de regels ervoor dat interferentie tussen de gesloten systemen en daarmee nadelige invloed op het systeemrendement zo veel mogelijk worden beperkt.

1.6 LEESWIJZER

In hoofdstuk 2 van dit bodemenergieplan is het geohydrologisch vooronderzoek voor het realiseren en het in werking hebben van gesloten bodemenergiesystemen in de gehele wijk Kloosterakker beschreven. In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op de maximale netto energieonttrekking per kavel en het bodemenergieplan voor uitsluitend Kloosterakker Fase 1. De algemene en de locatie specifieke regels voor het realiseren en het inwerking hebben van gesloten bodemenergiesystemen in Kloosterakker Fase 1 zijn opgenomen in hoofdstuk 4. Om inzicht te verkrijgen hoe dit bodemenergieplan moet worden gelezen en hoe de regels moeten worden geïnterpreteerd, zijn in hoofdstuk 5 twee voorbeelden uitgewerkt. In de bijlagen is de nodige achtergrondinformatie opgenomen.

2 Geohydrologisch onderzoek

2.1 BODEMOPBOUW

De bodemopbouw op en in de omgeving van de gehele nieuwbouwwijk Kloosterakker in Assen 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;
- Boorbeschrijvingen van omliggende bodemenergiesystemen.

De verwachte bodemopbouw en de thermische eigenschappen van de bodemlagen zijn weergegeven in Tabel 2.1. In Figuur 2.1 zijn gemeten temperaturen van de bodem binnen een straal van 10 km rondom Kloosterakker weergegeven.

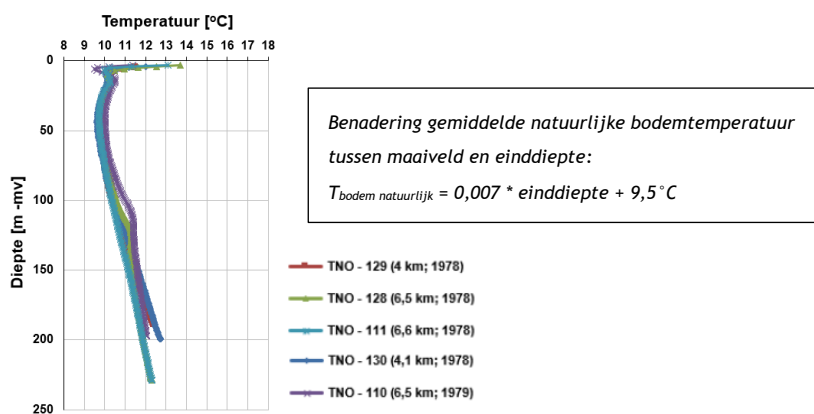
Tabel 2.1 | Bodemopbouw

diepte [m-mv]*	lithologie	geohydrologie	temperatuur [° C]	warmtegeleidingscoëfficiënt [W/m ² ·K]	warmtecapaciteit [MJ/m ³ ·K]	grondwaterstroming en richting [m/jaar]
0 - 1	fijn tot matig fijn zand met veen en leem	1 ^e watervoerend pakket (onverzadigd)	ca. 10	0,4	1,5	-
1 - 25	fijn tot zeer fijn zand met veen en leem	1 ^e watervoerend pakket	ca. 10	2,1	2,5	< 5 m/jaar naar het noordwesten
25 - 30	klei en fijn zand	1 ^e scheidende laag	ca. 10	1,7	2,5	-
30 - 150	matig grof tot uiterst grof zand	2 ^e /3 ^e watervoerend pakket	ca. 10 - 11,5	2,4	2,5	5 - 10 m/jaar naar het noordwesten
150 - 220	matig fijn tot matig grof zand met klei bijmenging	4 ^e watervoerend pakket	ca. 11,5 - 12,5	2,3	2,5	5 - 10 m/jaar naar het noordwesten
220 - 235	afwisseling van matig fijn zand en zandige klei	complexe eenheid in 4 ^e watervoerend pakket	ca. 12,5	2,1	2,5	5 - 10 m/jaar naar het noordwesten
> 235	klei en fijn zand	hydrologische basis	oplopend vanaf ca. 12,5	1,7	2,5	-

* het maaiveld bevindt zich op circa 11 m+NAP

Bodemgeschiktheid

Op basis van de verkregen gegevens en de huidige (boor)technieken wordt geconcludeerd dat de bodemopbouw op de locatie tot een diepte van 235 m-mv (hydrologische basis) geschikt is voor het toepassen van verticale bodemlussen ten behoeve van een gesloten bodemenergiesysteem.



Figuur 2.1 | Temperatuurmetingen bodem binnen 10 km van Kloosterakker (bron: Database bodemtemperatuurprofielmetingen TNO en IF Technology)

2.2 TECHNISCHE EN JURIDISCHE ASPECTEN

In Tabel 2.2 zijn de relevante technische en juridische aspecten opgenomen die van invloed zijn op de toepassing van een gesloten bodemenergiesysteem tot 235 m-mv. In en onder de tabel zijn de aandachtspunten, risico's of belemmeringen nader toegelicht.

Tabel 2.2 | Technische en juridische aspecten gesloten bodemenergiesysteem

onderwerp		toelichting	
bodemopbouw			
kwaliteit thermische parameters	✓		voldoende
grondwater			
grondwaterstand (=stijghoogte 1 ^e watervoerend pakket)	✓		1,0 m-mv (0 - 1,4 m-mv) (bron: peilbuis B12D0190) naar verwachting wordt het maaiveld nog opgehoogd waardoor de grondwaterstand niet aan of boven maaiveld uit komt wanneer de woningen gerealiseerd zijn
stijghoogte 2 ^e /3 ^e /4 ^e watervoerend pakket	✓		1,2 m-mv (0,3 - 1,6 m-mv) (bron: peilbuis B12D0190)
artesisch grondwater	✓		niet aanwezig
belangen			
beleid provincie Drenthe	✓	1	het door de provincie vastgelegde beleid vormt geen aandachtspunt
grondwatergebruikers	✓		geen open bodemenergiesystemen binnen 1.000 m van de locatie, geen grondwateronttrekkingen op de locatie (bron: WK0tool)
gesloten bodemenergiesystemen	✓	2	diverse andere gesloten bodemenergiesystemen in de omgeving, geen beïnvloeding
grondwaterbescherming	✓		niet gelegen in een boringsvrije zone of waterwingebied maar wel nabij (boringsvrije zone op circa 350 m ten oosten en waterwingebied op circa 950 m ten noordoosten), dit vormt geen belemmering of aandachtspunt
natuurbelangen	✓		geen natuur aanwezig op de locatie
archeologie	✓	3	archeologische verwachtingen aanwezig, geen belemmering
aardkundig waardevol gebied	✓		niet gelegen in een aardkundig waardevol gebied
verontreinigingen	✓	4	geen verontreinigingen aanwezig in plangebied
waterkering	⚠	5	waterkering aanwezig aan zuidwestkant van projectlocatie
spoor	✓		geen spoor aanwezig binnen circa 1.000 m
ondergrondse infrastructuur	✓		boorgaten komen op eigen perceel
lozingen	✓		mogelijk beperkt debiet toegestaan op riool
✓ geschikt, geen belemmering of aandachtspunt		⚠ aandachtspunt of risico	✗ hoog risico of belemmering

1. Beleid provincie Drenthe

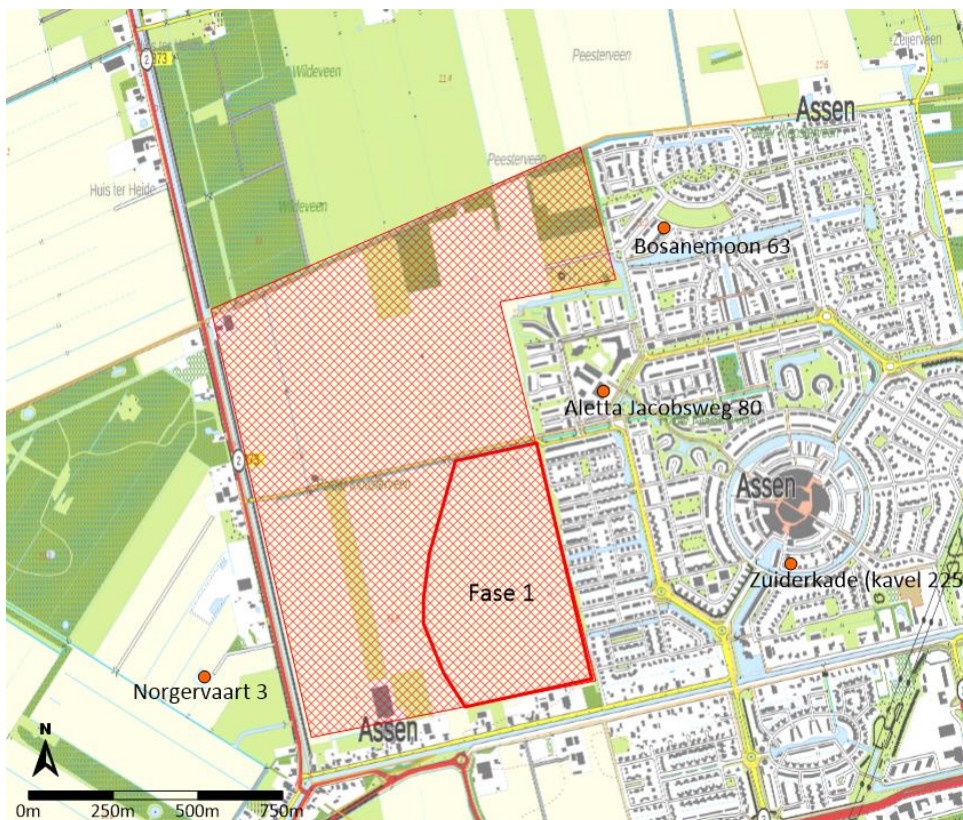
De provincie Drenthe heeft in de provinciale omgevingsverordening (POV) beleid vastgelegd voor bodemenergiesystemen. In de POV zijn rode en oranje gebieden aangewezen. In de rode gebieden is de aanleg van een bodemenergiesysteem niet toegestaan, in oranje gebieden is de aanleg van een bodemenergiesysteem onder voorwaarden toegestaan. Het plangebied van Kloosterakker is niet gelegen in een rood of oranje gebied. Daardoor zijn hier geen aanvullende voorwaarden op basis van de POV van toepassing.

2. Gesloten bodemenergiesystemen

Uit het overzicht van RUD Drenthe (e-mail, d.d. 7 mei 2019) blijkt dat binnen een straal van 750 m rondom Kloosterakker vier gesloten bodemenergiesystemen aanwezig zijn. Deze systemen zijn in Tabel 2.3 en Figuur 2.2 weergegeven. Deze gerealiseerde systemen worden thermisch niet beïnvloed door de beoogde gesloten bodemenergiesystemen van Kloosterakker Fase 1 (zie ook Figuur 3.1 ter info).

Tabel 2.3 | Gesloten bodemenergiesystemen binnen een straal van 750 m rondom Kloosterakker

locatie	afstand en richting t.o.v. project	diepte
Bosanemoon 63	180 m ten oosten	110 m
Aletta Jacobsweg 80	230 m ten oosten	150 m
Norgervaart 3	260 m ten westen	125 m
Zuiderkade (kavel 225)	640 m ten oosten	145 m



Figuur 2.2 | Gesloten bodemenergiesystemen rondom Kloosterakker (gearceerd, Fase 1 is omkaderd)

3. Archeologie

De gemeente Assen heeft als onderdeel van het archeologiebeleid een beleidskaart opgesteld. Op basis van de archeologische verwachtingskaart, de geïnventariseerde vindplaatsen, het overzicht van alle (archeologisch) onderzochte terreinen en de beleidsrichtlijnen van de provincie Drenthe voor de terreinen die als "provinciaal belang archeologie" zijn aangemerkt is de beleidsadvieskaart opgesteld. Op de beleidsadvieskaart zijn de beleidskeuzes van de gemeente Assen weergegeven.

In het MER bij de Structuurvisie Kloosterveen 2017-2035 is het onderdeel archeologie uitgebreid voor dit gebied beschreven, gebaseerd op archeologische onderzoeken die in het kader van het ontwerp bestemmingsplan Norgerbrug e.o. zijn uitgevoerd. Omdat de beschrijving in het MER voor dit gebied recenter is dan het archeologiebeleid van de gemeente Assen en het plangebied hierin ook verder is onderzocht, hanteren we de conclusies van het MER.

In het gebied Kloosterakker waarvoor het bodemenergieplan is opgesteld blijkt uit onderzoek dat twee vindplaatsen in het gebied behoudenswaardig zijn. Eén van deze vindplaatsen ligt binnen het gebied waar een gebiedsontsluitingsweg is voorzien. Aangezien deze archeologische vindplaats slechts voor een minimaal deel in het plangebied ligt is de verwachting dat deze gronden bij de ontwikkeling van Kloosterakker niet geroerd worden. Daarnaast is een dobbe aanwezig in het noordelijke deel van het plangebied van Kloosterakker. Deze valt binnen de beoogde landschappelijke zone. Deze dobbe kan informatie opleveren over de vegetatie en het landschap door de tijd heen en wordt daarom ontzien en ingepast in de inrichting van de landschappelijke zone. Er wordt op dit moment nog een pollenonderzoek uitgevoerd ter plaatse van de dobbe.

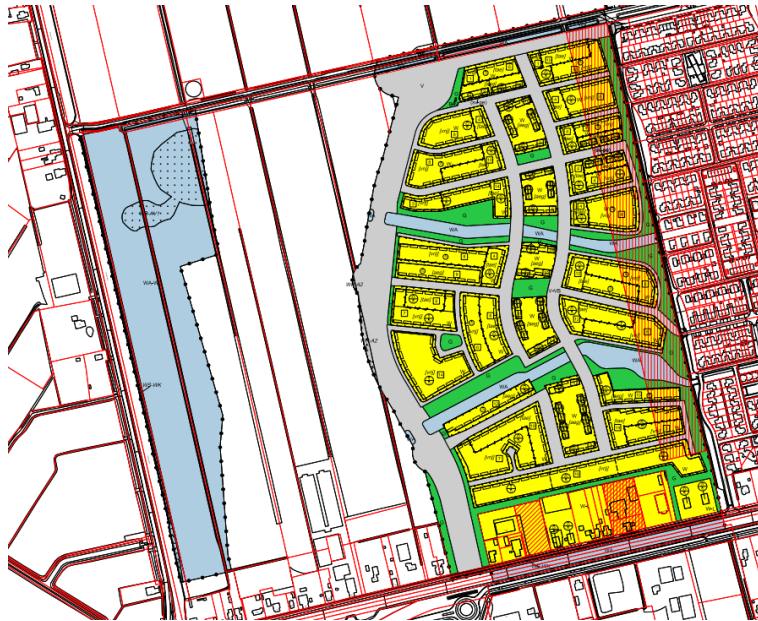
Aangezien de verwachting is dat er geen bodemenergiesystemen wordt aangelegd op de locatie waar een gebiedsontsluitingsweg is voorzien en de beoogde waterbergingszone niet binnen het gebied van onderhavig bodemenergieplan valt is archeologie geen belemmering.

Op de locatie zijn verschillende archeologische verwachtingen aanwezig (zie Figuur 2.3). Voor de gebieden waar bufferzones rond bekende archeologische vindplaatsen of hoge archeologische verwachtingswaarden (inclusief depressies) zijn aangegeven is altijd archeologisch onderzoek verplicht. Voor de overige gebieden is archeologisch onderzoek verplicht vanaf een ingreep > 100 m². Doordat op de locatie individuele bodemlussen gerealiseerd worden, wordt deze oppervlakte niet overschreden.

4. Verontreinigingen

Er zijn binnen het plangebied van Kloosterakker diverse bodemonderzoeken verricht (Diverse (water)bodemonderzoeken Kloosterveen III te Assen, Tauw, d.d. 10 januari 2019). Daaruit blijkt dat de grond en het grondwater binnen het plangebied niet verontreinigd zijn.

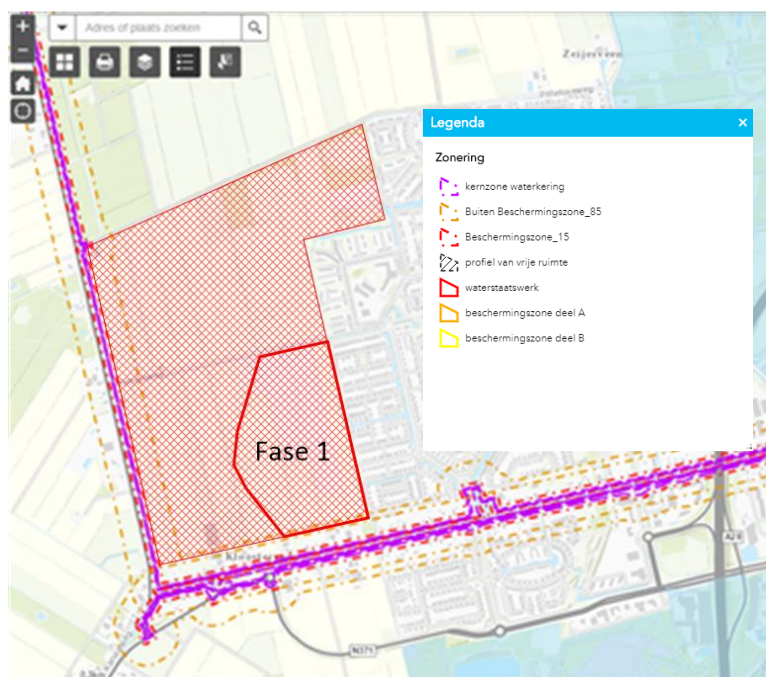
Bij het boren van boorgaten voor gesloten bodemenergiesystemen dient de booraannemer zich te houden aan Protocol Mechanisch Boren (BRL-SIKB-2101). Hierin is opgenomen hoe de aannemer dient om te gaan met eventuele verontreinigingen om verspreiding van deze verontreinigingen tijdens het boren en veiligheidsrisico's te voorkomen.



Figuur 2.3 | Kaart archeologie (bron: gemeente Assen)

5. Waterkering

Aan de west- en zuidkant van de projectlocatie is een waterkering met bijbehorende beschermingszones gelegen (zie Figuur 2.4). De buiten beschermingszone (staat gelijk aan beschermingszone deel B) is deels gelegen op de projectlocatie. Uit de keur en bijbehorende algemene regels van Waterschap Drents Overijsselse Delta blijkt een vrijstelling te zijn van de vergunningsplicht voor leidingen met een maximale druk van 10 bar die worden gelegd in beschermingszone deel B van een waterkering. Deze vrijstelling geldt dus voor gesloten bodemenergiesystemen.



Figuur 2.4 | Legger Waterschap Drents Overijsselse Delta (Kloosterakker is gearceerd, Fase 1 is omkaderd)

2.3 RISICOANALYSE

In Tabel 2.4 is de risicoanalyse met kansen, gevolgen en beheersmaatregelen van de van belang zijnde aspecten samengevat conform het SIKB protocol 11001, paragraaf 8.2.

Tabel 2.4 | *Risicoanalyse*

risico	kans	gevolg	beheersmaatregel
1 bodemopbouw en thermische parameters wijken af	klein, voldoende betrouwbare informatie beschikbaar	invloed op beschikbare te onttrekken hoeveelheid warmte	accepteren
2 wateroverlast aan maaiveld door artesisch water tijdens realisatie	klein, naar verwachting wordt het maaiveld nog opgehoogd en komt het water dan niet boven maaiveld uit tijdens realisatie	water komt boven maaiveld uit tijdens realisatie	toepassen voorbuis en/of verhoogd opstellen
3 invloed op rendement/functieneren nabijgelegen open bodemenergiesystemen	niet aanwezig, geen open bodemenergiesystemen binnen 1.000 m van de locatie	-	-
4 invloed op rendement/functieneren nabijgelegen gesloten bodemenergiesystemen	niet aanwezig, thermische berekeningen tonen aan dat de bestaande gesloten bodemenergiesystemen niet beïnvloed worden	-	-
5 onderlinge negatieve interferentie tussen de geplande gesloten bodemenergiesystemen	aanwezig	in dimensionering van de systemen rekening houden met systemen in de omgeving	Kloosterakker aanwijzen als interferentiegebied, waardoor regels uit dit bodemenergieplan gelden en vergunning (OBM) wordt afgegeven
6 het doorboren van mobiele verontreiniging, opboren van verontreinigde grond tijdens realisatie	niet aanwezig, o.b.v. de beschikbare informatie zijn geen verontreinigingen aanwezig		

3 Bodemenergieplan

3.1 DOELSTELLING

Het belangrijkste doel van het bodemenergieplan is om regels te hebben voor het installeren en het in werking hebben van gesloten bodemenergiesystemen, zodat in de toekomst voor alle woningen in Kloosterakker Fase 1 doelmatig gebruik wordt gemaakt van bodemenergie en dat nadelige beïnvloeding van het systeemrendement door interferentie zo veel mogelijk wordt voorkomen.

De regels zijn in dit bodemenergieplan zodanig omschreven dat het voor de projectontwikkelaars, de toekomstige eigenaren van de woningen, de aannemer(s), de gemeente Assen en RUD Drenthe duidelijk is waaraan de gesloten bodemenergiesystemen moeten voldoen.

3.2 INTERFERENTIE EN ONTWERP

Voor het installeren en het in werking hebben van gesloten bodemenergiesystemen, zijn twee aspecten van belang: interferentie en het ontwerp.

Interferentie door gesloten bodemenergiesystemen in omgeving

In bijlage 2 (Methode toetsen interferentie tussen kleine gesloten bodemenergiesystemen) behorend bij de BUM en de HUM BE, deel 2 wordt als uitgangspunt gehanteerd dat géén sprake is van interferentie als de totaal veroorzaakte temperatuurverlaging bij alle andere systemen in de omgeving kleiner is dan 1,5°C. Deze temperatuurdaling (temperatuureffect) wordt ook wel eens gehanteerd als richtlijn in de melding Besluit lozen buiten inrichtingen.

In woonwijken waar op grote schaal gesloten bodemenergiesystemen worden toegepast, kan en mag de temperatuurdaling door interferentie groter zijn dan 1,5°C als met elk individueel ontwerp van de gesloten bodemenergiesystemen hiermee rekening wordt gehouden (zie kader). Het is dus van belang om vooraf, op basis van interferentieberekeningen, het temperatuureffect van groot-schalige toepassing van gesloten bodemenergiesystemen te kwantificeren.

BUM/HUM BE deel 2, bijlage 2

Het temperatuureffect van 1,5°C is in bijlage 2 van de BUM/HUM BE deel 2 opgenomen als richtlijn. Bij dit temperatuureffect neemt de prestatie van het bodemenergiesysteem met ten hoogste 5% af. Dit wordt acceptabel geacht. In deze bijlage staat ook vermeld dat indien gesloten bodemenergiesystemen worden ontworpen met een grotere veiligheidsmarge, een groter temperatuureffect is toegestaan.

Ofwel: door vooraf bij het ontwerp van de gesloten bodemenergiesystemen rekening te houden met een groter temperatuureffect kan en mag het temperatuureffect ten gevolge van interferentie dus groter zijn dan de richtlijn van 1,5°C. Deze interferentieberekeningen zijn voor Kloosterakker Fase 1 uitgevoerd met een maximale boordiepte van 235 m-mv. De resultaten hiervan zijn beschreven in paragraaf 3.4. De berekeningen resulteren per woning in twee grootheden waaraan het ontwerp van de gesloten bodemenergiesystemen moet voldoen. Deze grootheden zijn:

- De maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter bodemdiepte (in kWh/m).
- De temperatuurdaling ten gevolge van interferentie door nabij gelegen bodemenergiesystemen (in °C).

Ontwerp van het gesloten bodemenergiesysteem

De minimaal toe te passen bodemdiepte wordt bepaald door de maximale jaarlijkse netto warmte-onttrekking per meter bodemdiepte. Bij het in werking hebben van een gesloten bodemenergiesysteem, dient echter te allen tijde aan de algemene regel te worden voldaan, waarbij de temperatuur van de circulatievloeistof in de retourbuis van het gesloten bodemenergiesysteem (temperatuur uit de verdampers van de warmtepomp naar de bodemlus) niet lager mag zijn dan $-3,0^{\circ}\text{C}$ (Be-sluit lozen buiten inrichtingen).

De temperatuurdaling van de circulatievloeistof in het gesloten bodemenergiesysteem wordt enerzijds bepaald door de temperatuurdaling ten gevolge van beïnvloeding door gesloten bodemenergiesystemen in de omgeving (interferentie) en anderzijds door de warmteonttrekking van het desbetreffende bodemenergiesysteem van de woning zelf. Bij het ontwerp van het gesloten bodemenergiesysteem dient rekening te worden gehouden met deze extra temperatuurdaling door interferentie van systemen in de omgeving. In de ontwerpberekening voor een individueel gesloten bodemenergiesysteem (bijvoorbeeld met EED) dient de temperatuurdaling door interferentie in mindering te worden gebracht op de gemiddelde (natuurlijke) temperatuur van de bodem over de gehele aan te boren bodemdiepte.

Opgemerkt wordt dat hier allemaal nieuwe gesloten systemen komen. Door rekening te houden met alle systemen in de wijk en de temperatuurdaling van de bodem, zijn dus grotere systemen (diepere bodemlussen) nodig dan dat geen rekening gehouden wordt met alle systemen in de wijk. Omdat hier rekening mee wordt gehouden in het ontwerp, is er dus geen sprake van een lager rendement.

3.3 UITGANGSPUNTEN INTERFERENTIEBEREKENING

De berekeningen ter bepaling van de maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking aan de bodem, zijn uitgevoerd met het softwarepakket MLU (Multi Layer Unsteady state). Dit programma is gemaakt voor het modelleren van grondwaterstroming in watervoerende pakketten (zie voor meer informatie hierover www.microfem.com) en wordt ook gebruikt voor het berekenen van warmte-transport (door middel van geleiding) bij gesloten bodemenergiesystemen.

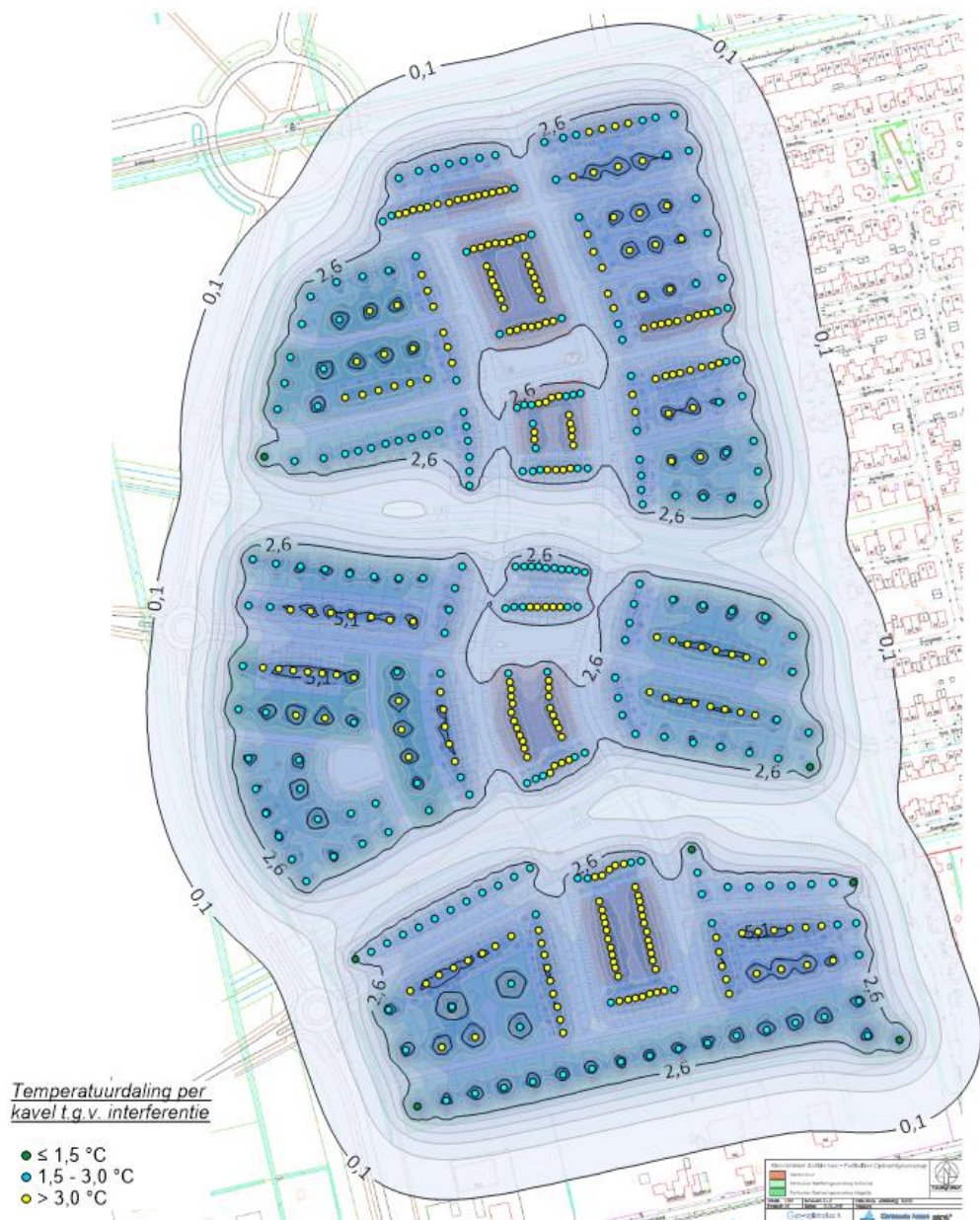
De uitgangspunten van de berekeningen zijn als volgt:

- De verkaveling van de woonwijk Kloosterakker Fase 1 in Assen (Kloosterakker Sociale huur - Particuliere Opdrachtgeverschap, 17-04-2019).
- De bodemopbouw en de grondwaterstroming zoals deze zijn omschreven in hoofdstuk 2.
- De maximale diepte van de gesloten bodemenergiesystemen bedraagt 235 m-mv.
- De periode waarvoor de thermische berekeningen zijn uitgevoerd bedraagt 25 jaar.

3.4 RESULTATEN INTERFERENTIEBEREKENING

De resultaten van de berekeningen tot een diepte van 235 m zijn weergegeven in Figuur 3.1 en in Bijlage 1. In deze figuren zijn de contouren van de berekende temperatuurdaling weergegeven na een periode van 25 jaar voor de situatie waarbij alle woningen in Kloosterakker Fase 1 met warmtepompen warmte aan de bodem onttrekken.

In Bijlage 2 is per kavel opgegeven wat de maximale netto warmteonttrekking per meter bodemdiepte en de temperatuurdaling is.



Figuur 3.1 | Thermische beïnvloeding tussen 0 en 235 m-mv na 25 jaar (zie ook Bijlage 1 voor groot formaat)

3.5 MAXIMALE JAARLIJKSE NETTO WARMTEONTTREKKING

Per kavel is de maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking tot een diepte van 235 m-mv en per meter aan te boren diepte berekend. De grootte van de maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking is gerelateerd aan de grootte van het kaveloppervlak (in m²) en een maximaal aan te boren diepte van 235 m.

De maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter bodemdiepte is per kavel in de tabel in Bijlage 2 opgenomen.

3.6 TEMPERATUURCORRECTIE DOOR INTERFERENTIE

Indien de daling in temperatuur van het eigen gesloten bodemenergiesysteem op het kavel niet wordt meegenomen, is de resulterende temperatuurdaling op het kavel uitsluitend het gevolg van de thermische invloed van de gesloten systemen in de omgeving van het desbetreffende kavel. Per kavel is in Figuur 3.1 met een gekleurde stip de berekende temperatuurdaling ten gevolge van omliggende gesloten systemen weergegeven.

In Bijlage 2 is de tabel opgenomen waarin per kavel de temperatuurdaling door interferentie is gekwalificeerd. Deze temperatuurdaling dient als correctie van de bodemtemperatuur bij het ontwerp van het gesloten bodemenergiesysteem te worden meegenomen.

4 Regels

4.1 ALGEMENE REGELS

Voor het installeren en het in werking hebben van een gesloten bodemenergiesysteem binnen de grenzen van dit bodemenergieplangebied (Kloosterakker Fase 1), gelden de volgende algemene regels:

1. Voor het gesloten bodemenergiesysteem dient de melding: "Aanleg gesloten bodemenergiesysteem buiten inrichtingen" bij het bevoegd gezag te worden ingediend. Hierbij dient aan alle indieningvereisten te worden voldaan, zoals deze zijn opgenomen in het Besluit lozen buiten inrichtingen (Blbi).
2. Voor het gesloten bodemenergiesysteem dient de Omgevingsvergunning beperkte milieutoets (Obm) bij het bevoegd gezag te worden aangevraagd.
3. Het gesloten bodemenergiesysteem dient te allen tijde te voldoen aan de "Algemene regels ten aanzien van bodemenergiesystemen", zoals deze zijn omschreven in het Besluit lozen buiten inrichtingen.
4. Indien aantoonbaar aan onderstaande regels 5 tot en met 10 wordt voldaan, is onderbouwing (waaruit blijkt dat het in werking hebben van het systeem niet leidt tot zodanige interferentie met een eerder geïnstalleerde bodemenergiesystemen dat het doelmatig functioneren van de desbetreffende systemen kan worden geschaad) niet nodig.

4.2 LOCATIE SPECIFIEKE REGELS

Voor het installeren en het in werking hebben van een gesloten bodemenergiesysteem binnen de grenzen van dit bodemenergieplangebied (Kloosterakker Fase 1), gelden de volgende locatie specifieke regels:

5. Het gesloten bodemenergiesysteem dient te worden uitgevoerd als een verticaal bodemenergiesysteem, bestaande uit één of meerdere verticaal in de bodem aan te brengen boorgaten met bodemlus(sen).
6. De boorgaten met bodemlus(sen) dienen op eigen kavel van de woning in de bodem te worden aangebracht. Indien dit niet mogelijk is dient de locatie in overleg met bevoegd gezag te worden afgestemd.
7. De afstand tussen twee boorgaten die voorzien zijn van bodemlus(sen) dient te allen tijde groter dan of gelijk dient te zijn aan 6,0 m.
8. De jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter bodemdiepte (kWh/m) dient te allen tijde kleiner of gelijk te zijn aan de voor het kavel toegewezen maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter bodemdiepte.
Zie: "Maximale jaarlijkse netto warmtelevering per meter bodemdiepte" in Bijlage 2.

9. Bij het ontwerp dient voor het bepalen van de minimaal benodigde diepte van de boorgaten en het aantal boorgaten rekening te worden gehouden met de temperatuurdaling die optreedt op het kavel van de woning ten gevolge van interferentie.
Zie: “Temperatuurcorrectie door interferentie” in Bijlage 2.
10. Ten behoeve van het ontwerp dient voor elk individueel gesloten bodemenergiesysteem een berekening voor een periode van minimaal 25 jaar te worden uitgevoerd. Bij deze berekening dient de temperatuurdaling door interferentie te worden meegenomen.

Voor de berekening wordt gebruik gemaakt van het programma Earth Energy Designer (EED) (of met een gelijkwaardig gevalideerd model zoals in BRL 11001 weergegeven programma's Glhepro, DST en SBM). De resultaten van de berekening dienen als bijlage bij de indiening van de melding / vergunning te worden toegevoegd.

5 Voorbeeldberekening

5.1 INLEIDING

Om inzicht te geven hoe dit bodemenergieplan moet worden gelezen en hoe de regels moeten worden geïnterpreteerd, zijn in dit hoofdstuk twee voorbeeldberekeningen uitgewerkt.

In onderstaande tabel is de verklaring van de gebruikte symbolen in dit hoofdstuk opgenomen. De voorbeelden zijn uitgewerkt in rekensheets en EED berekeningen. Deze zijn in Bijlage 4 bij dit document opgenomen.

Tabel 5.1 | Verklaring van symbolen

symbool	eenheid	toelichting
Q_{rv}	MWh	De energiehoeveelheid voor ruimteverwarming (bouwwerk)
Q_{tv}	MWh	De energiehoeveelheid voor tapwaterverwarming (bouwwerk)
Q_k	MWh	De energiehoeveelheid voor koeling (bouwwerk)
SPF	-	Seasonal Performance Factor
$T_{\text{bodem natuurlijk}}$	°C	De natuurlijke temperatuur van de bodem
$T_{\text{correctie}}$	°C	De correctie van de temperatuur die is opgenomen in dit bodemenergieplan
$T_{\text{bodem met correctie}} = T_{\text{input EED}}$	°C	De temperatuur bodem inclusief correctie (is invoerwaarde EED)
$T_{\text{gem, circulatievloeistof}}$	°C	De gemiddelde temperatuur van de circulatievloeistof in de bodemlus
$T_{\text{verdampert}}$	°C	De temperatuur aan de verdampertzijde van de warmtepomp

5.2 VOORBEELD KAVELGROOTTE 140 M²

Gegevens woning met warmtepomp en gesloten bodemenergiesysteem

Voor ruimte- en tapwaterverwarming en het koelen van een woning op een kavel met een kaveloppervlak van circa 140 m² (bijvoorbeeld nummer 83) wordt een elektrische combiwarmtepomp met een gesloten bodemenergiesysteem toegepast.

Uit de SPF-berekening van de installateur blijkt dat de warmtevraag van de woning (het bouwwerk) voor ruimte- en tapwaterverwarming 4,2 respectievelijk 3,5 MWh per jaar bedraagt. De gemiddelde SPF van de warmtepomp bedraagt 4,5 voor ruimteverwarming en 3,0 voor tapwaterverwarming. De koudevraag (van het bouwwerk) bedraagt 1,0 MWh per jaar met een SPF van 40 voor de circulatiepomp.

Voor het kavel geldt volgens Bijlage 2 in dit bodemenergieplan een maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter aangeboorde bodemdpte van 21,0 kWh/m en een temperatuurcorrectie van 3,1 °C.

Berekening jaarlijkse netto warmteonttrekking aan bodem

Met bovenstaande gegevens kan de hoeveelheid warmte worden berekend die met het gesloten bodemenergiesysteem aan de bodem wordt onttrokken en wordt toegevoerd. Het resultaat van de berekening is de jaarlijkse netto warmteonttrekking in MWh voor het gesloten bodemenergiesysteem, zie Tabel 5.2 en de rekensheet in Bijlage 4.

Tabel 5.2 | Berekening jaarlijkse netto warmteonttrekking aan bodem

	Bouwwerk	SPF	Berekening	Bodemzijdig
Ruimteverwarming	4,2 MWh	4,5	$Q_{rv} \times ((SPF - 1) / SPF)$ $4,2 \times ((4,5 - 1) / 4,5)$	3,3 MWh
Tapwaterverwarming	3,5 MWh	3,0	$Q_{tw} \times ((SPF - 1) / SPF)$ $3,5 \times ((3,0 - 1) / 3,0)$	2,3 MWh
Warmteonttrekking aan bodem				5,6 MWh
Koeling	1,0 MWh	40	$Q_k + (Q_k / SPF)$ $1,0 + (1,0 / 40)$	1,0 MWh
Warmtetoevoer aan bodem				1,0 MWh
Jaarlijkse netto warmteonttrekking = Warmteonttrekking aan bodem - Warmtetoevoer aan bodem				4,6 MWh

Minimaal benodigde diepte van de boorgaten ten aanzien van interferentie (regel 8)

Voor dit voorbeeld blijkt (uit Bijlage 2 van dit bodemenergieplan) dat voor het desbetreffende kavel een maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter aangeboorde bodemdiepte geldt van 21,0 kWh/m. Bij de maximale boordiepte van 235 m houdt dit in dat de maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking op het desbetreffende kavel 4.935 kWh bedraagt. Deze hoeveelheid is groter dan benodigd. Op basis van de maximale netto warmteonttrekking per meter, bedraagt de minimaal aan te boren bodemdiepte ter voorkoming van te grote interferentie naar de omgeving: 218 m-mv (4.600 kWh/21,0 kWh/m).

Ontwerp gesloten bodemenergiesysteem (regels 9 en 10)

Zoals eerder is opgemerkt, is de aangeboorde diepte niet altijd gelijk aan de totaal benodigde boorgat lengte. Het in werking hebben van het gesloten bodemenergiesysteem dient te allen tijde te voldoen aan de algemeen geldende regels, zoals deze zijn omschreven in het Besluit lozen buiten inrichtingen (zie regel 3 in paragraaf 4.1). Eén van deze algemene regels is dat de minimale temperatuur van de circulatievloeistof in de retourbuis van het gesloten bodemenergiesysteem (temperatuur uit de verdampers van de warmtepomp naar de bodemlus) niet lager mag zijn dan -3,0°C.

Om aan deze regel te voldoen dient per individueel gesloten bodemenergiesysteem een ontwerp voor 25 jaar te worden vervaardigd. Voor de berekening wordt gebruik gemaakt van het programma Earth Energy Designer (EED) (of met een gelijkwaardig gevalideerd model zoals in BRL 11001 weergegeven programma's Glhepro, DST en SBM). Bij deze berekening dient rekening te worden gehouden met de "Temperatuurcorrectie door interferentie", zoals deze voor het betreffende kavel is opgenomen in de tabel in Bijlage 2 in dit bodemenergieplan. Deze temperatuurdaling dient in mindering te worden gebracht op de natuurlijke gemiddelde bodemtemperatuur.

De resultaten van de berekeningen met Earth Energy Designer (EED) laten zien dat met één boorgat tot ongeveer 145 m diepte kan worden volstaan. Echter de minimale aan te boren diepte op basis van interferentie bedraagt 218 m, waardoor deze boordiepte van 218 m als ontwerpdiepte dient te worden aangehouden.

De voor dit voorbeeld uitgevoerde Earth Energy Designer (EED) berekening laat zien dat de minimale gemiddelde temperatuur van de circulatievloeistof bij één boorgat tot 218 m na 25 jaar daalt tot $+1,6^{\circ}\text{C}$. Met een temperatuurverschil over de verdamper van de warmtepomp van 4°C , resulteert dit in een minimale temperatuur van de circulatievloeistof van $-0,4^{\circ}\text{C}$. Deze is als volgt berekend:

$$T_{\text{gem, circulatievloeistof}} - (\Delta T_{\text{verdamer}} / 2) = +1,6^{\circ}\text{C} - (4,0 / 2) = -0,4^{\circ}\text{C}$$

De minimale temperatuur van de circulatievloeistof is hoger dan $-3,0^{\circ}\text{C}$, waardoor wordt voldaan aan de algemene regel van de minimale temperatuur van de circulatievloeistof van $-3,0^{\circ}\text{C}$.

De in Earth Energy Designer (EED) te hanteren bodemtemperatuur ($T_{\text{bodem met correctie}}$) bedraagt $7,9^{\circ}\text{C}$. Deze is als volgt berekend:

$$T_{\text{bodem natuurlijk}} = 0,007 * 218 + 9,5^{\circ}\text{C} = 11,0^{\circ}\text{C}$$

De gemiddelde temperatuur van de bodem over de diepte van het boorgat, waarbij rekening wordt gehouden met temperatuurinvloed van naastgelegen systemen, wordt als volgt berekend:

$$T_{\text{bodem met correctie}} = T_{\text{input EED}} = 11,6 - 3,7 = 7,9^{\circ}\text{C}$$

Conclusie

Het uiteindelijke resultaat is dat voor dit kavel een gesloten bodemenergiesysteem moet worden toegepast dat bestaat uit één boorgat met een aan te boren bodemdiepte van 218 m. In deze situatie is de regel met betrekking van interferentie dus leidend ten opzichte van de ontwerp regel. Het gevolg is dat dit systeem een ongewijzigd thermisch effect heeft naar de systemen in de omgeving. De hogere temperatuur van circulatievloeistof in de winter heeft een positief effect op het rendement van het eigen systeem.

5.3 VOORBEELD KAVELGROOTTE 400 M²

Gegevens woning met warmtepomp en gesloten bodemenergiesysteem

Voor ruimte- en tapwaterverwarming en het koelen van een woning op een kavel met een kaveloppervlak van circa 400 m² (bijvoorbeeld nummer 11) wordt een elektrische combiwarmtepomp met een gesloten bodemenergiesysteem toegepast.

Uit de SPF-berekening van de installateur blijkt dat de warmtevraag van de woning (het bouwwerk) voor ruimte- en tapwaterverwarming 14,0 respectievelijk 6,0 MWh per jaar bedraagt. De gemiddelde SPF van de warmtepomp bedraagt 4,5 voor ruimteverwarming en 3,0 voor tapwaterverwarming. De koudevraag (van het bouwwerk) bedraagt 4,0 MWh per jaar met een SPF van 40 voor de circulatiepomp.

Voor het kavel geldt volgens Bijlage 2 in dit bodemenergieplan een maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter aangeboorde bodemdpte van 60,1 kWh/m en een temperatuurcorrectie van 2,7°C.

Berekening jaarlijkse netto warmteonttrekking aan bodem

Met bovenstaande gegevens kan de hoeveelheid warmte worden berekend die met het gesloten bodemenergiesysteem aan de bodem wordt onttrokken en wordt toegevoerd. Het resultaat van de berekening is de jaarlijkse netto warmteonttrekking in MWh voor het gesloten bodemenergiesysteem, zie Tabel 5.3 en de rekensheet in Bijlage 4.

Tabel 5.3 | Berekening jaarlijkse netto warmteonttrekking aan bodem

	Bouwwerk	SPF	Berekening	Bodemzijdig
Ruimteverwarming	14,0 MWh	4,5	$Q_{rv} \times ((SPF - 1) / SPF)$ $14,0 \times ((4,5 - 1) / 4,5)$	10,9 MWh
Tapwaterverwarming	6,0 MWh	3,0	$Q_{tw} \times ((SPF - 1) / SPF)$ $6,0 \times ((3,0 - 1) / 3,0)$	4,0 MWh
Warmteonttrekking aan bodem				14,9 MWh
Koeling	4,0 MWh	40	$Q_k + (Q_k / SPF)$ $4,0 + (4,0 / 40)$	4,1 MWh
Warmtetoevoer aan bodem				4,1 MWh
Jaarlijkse netto warmteonttrekking = Warmteonttrekking aan bodem - Warmtetoevoer aan bodem				10,8 MWh

Minimaal benodigde diepte van de boorgaten ten aanzien van interferentie (regel 8)

Voor dit voorbeeld blijkt (uit Bijlage 2 van dit bodemenergieplan) dat voor het desbetreffende kavel een maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter aangeboorde bodemdpte geldt van 60,1 kWh/m. Bij de maximale boordiepte van 235 m houdt dit in dat de maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking op het desbetreffende kavel 14.115 kWh bedraagt. Deze hoeveelheid is groter dan benodigd. Op basis van de maximale netto warmteonttrekking per meter, bedraagt de minimaal aan te boren bodemdpte ter voorkoming van te grote interferentie naar de omgeving: 180 m-mv (10.800 kWh/60,1 kWh/m).

Ontwerp gesloten bodemenergiesysteem (regels 9 en 10)

Zoals eerder is opgemerkt, is de aangeboorde diepte niet altijd gelijk aan de totaal benodigde boorgat lengte. Het in werking hebben van het gesloten bodemenergiesysteem dient te allen tijde te voldoen aan de algemeen geldende regels, zoals deze zijn omschreven in het Besluit lozen

buiten inrichtingen (zie regel 3 in paragraaf 4.1). Eén van deze algemene regels is dat de minimale temperatuur van de circulatievloeistof in de retourbuis van het gesloten bodemenergiesysteem (temperatuur uit de verdamper van de warmtepomp naar de bodemlus) niet lager mag zijn dan $-3,0^{\circ}\text{C}$.

Om aan deze regel te voldoen dient per individueel gesloten bodemenergiesysteem een ontwerp voor 25 jaar te worden vervaardigd. Voor de berekening wordt gebruik gemaakt van het programma Earth Energy Designer (EED) (of met een gelijkwaardig gevalideerd model zoals in BRL 11001 weergegeven programma's Glhepro, DST en SBM). Bij deze berekening dient rekening te worden gehouden met de "Temperatuurcorrectie door interferentie", zoals deze voor het betreffende kavel is opgenomen in de tabel in Bijlage 2 in dit bodemenergieplan. Deze temperatuurdaling dient in mindering te worden gebracht op de natuurlijke gemiddelde bodemtemperatuur.

De resultaten van de berekeningen met Earth Energy Designer (EED) laten zien dat met één boorgat tot 180 m diepte de temperatuur van de circulatievloeistof in de retourbuis lager is dan $-3,0^{\circ}\text{C}$. Bij de maximale diepte van 235 m is ook de temperatuur van de circulatievloeistof in de retourbuis nog lager dan $-3,0^{\circ}\text{C}$. Dit houdt dus in dat voor dit systeem een extra boorgat voorzien van een bodemlus in de bodem moet worden aangebracht. Beide tot de minimale diepte zoals vastgesteld bij regel 8 (interferentie) van 180 m.

De resultaten van de berekeningen met Earth Energy Designer (EED) laten zien dat met twee boorgaten tot 180 m diepte de temperatuur van de circulatievloeistof hoger is dan de minimaal toegestane temperatuur van $-3,0^{\circ}\text{C}$.

De voor dit voorbeeld uitgevoerde Earth Energy Designer (EED) berekening laat zien dat de minimale gemiddelde temperatuur van de circulatievloeistof bij twee boorgaten tot 180 m-mv na 25 jaar daalt tot $-0,3^{\circ}\text{C}$. Met een temperatuurverschil over de verdamper van de warmtepomp van 4°C , resulteert dit in een minimale temperatuur van de circulatievloeistof van $-2,3^{\circ}\text{C}$. Deze is als volgt berekend:

$$T_{\text{gem, circulatievloeistof}} - (\Delta T_{\text{verdamper}} / 2) = -0,3^{\circ}\text{C} - (4,0 / 2) = -2,3^{\circ}\text{C}$$

De minimale temperatuur van de circulatievloeistof is hoger dan $-3,0^{\circ}\text{C}$, waardoor wordt voldaan aan de algemene regel van de minimale temperatuur van de circulatievloeistof van $-3,0^{\circ}\text{C}$.

De in Earth Energy Designer (EED) te hanteren bodemtemperatuur ($T_{\text{bodem met correctie}}$) bedraagt $8,1^{\circ}\text{C}$. Deze is als volgt berekend:

$$T_{\text{bodem natuurlijk}} = 0,007 * 180 + 9,5^{\circ}\text{C} = 10,8^{\circ}\text{C}$$

De gemiddelde temperatuur van de bodem over de diepte van het boorgat, waarbij rekening wordt gehouden met temperatuurinvloed van naastgelegen systemen, wordt als volgt berekend:

$$T_{\text{bodem met correctie}} = T_{\text{input EED}} = 10,8 - 2,7 = 8,1^{\circ}\text{C}$$

Conclusie

Het uiteindelijke resultaat is dat voor dit kavel een gesloten bodemenergiesysteem moet worden toegepast dat bestaat uit twee boorgaten met een aan te boren bodemdiepte van minimaal 180 m.

In deze situatie is de regel met betrekking van ontwerp dus leidend ten opzichte van interferentie. Het gevolg is dat dit systeem over de gehele diepte van 235 m een kleiner thermisch effect heeft naar de systemen in de omgeving.

5.4 WARMTEVRAAG GROTER DAN MAXIMALE NETTO JAARLIJKSE WARMTELEVERING BODEM

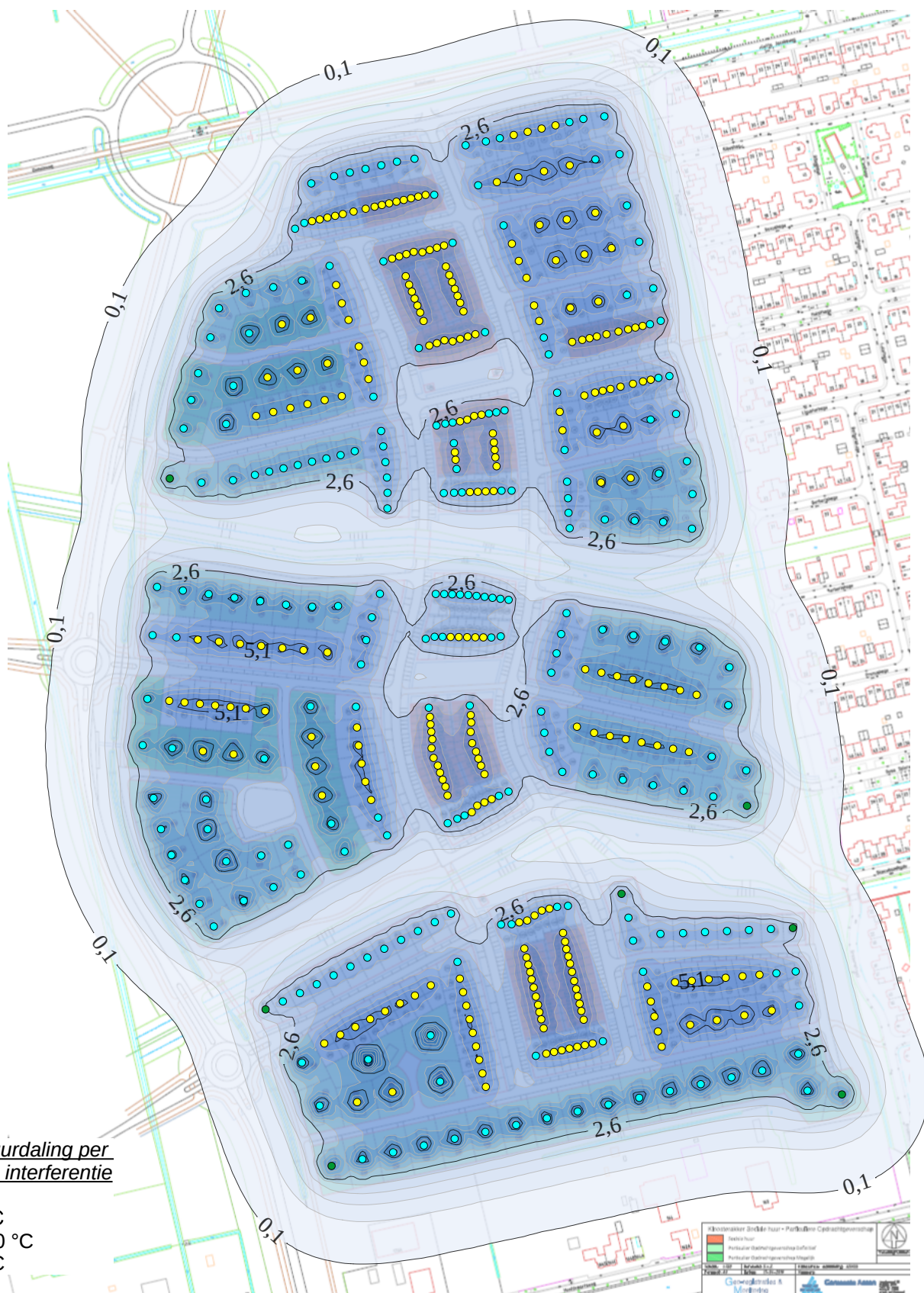
Indien een relatief grote woning wordt gerealiseerd op een klein kavel, is de kans aanwezig dat de benodigde jaarlijkse netto warmteonttrekking groter dan de maximale jaarlijkse netto warmtelevering van de bodem. In deze situatie dient het ontwerp van het gesloten bodemenergiesysteem te worden aangepast.

De wijzigingen die hierbij kunnen worden doorgevoerd zijn bijvoorbeeld:

- Het verkleinen van de warmtevraag voor ruimte- en/of tapwaterverwarming door bijvoorbeeld het toepassen van betere isolatie en/of het toepassen van een zonneboiler.
- Het vergroten van de koudevraag of extra warmte in de bodem laden, door andere instellingen van de warmtepomp (al koelen bij lagere buitentemperaturen) en/of het toepassen van zonnecollectoren die in de zomer warmte van de zon in de bodem laden.

Het verkleinen van de warmtevraag en/of het vergroten van de koudevraag/regeneratie leiden tot een kleinere jaarlijkse netto warmteonttrekking aan de bodem. De jaarlijkse netto warmteonttrekking dient dusdanig te worden verlaagd, totdat deze kleiner is of gelijk aan de maximale jaarlijkse netto warmtelevering van de bodem is, zoals deze in de tabel in bijlage 2 is omschreven.

Bijlage 1 Figuur met thermische beïnvloeding



Bijlage 2 Warmteonttrekking en temperaturen

Kloosterakker Fase 1

1 november 2019

Nummer*	Maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter bodemdpte kWh/m	Maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking tot 235 m bodemdpte kWh	Temperatuurdaling ten gevolge van interferentie (= temperatuurcorrectie) °C
1	75,9	17.838	1,7
2	41,7	9.795	2,7
3	41,7	9.795	2,9
4	41,7	9.795	3,1
5	41,7	9.795	3,1
6	41,7	9.795	3,1
7	41,7	9.795	3,1
8	41,7	9.795	3,0
9	41,7	9.795	2,8
10	78,1	18.361	2,0
11	60,1	14.115	2,7
12	52,2	12.267	3,2
13	78,3	18.400	3,3
14	78,3	18.400	3,4
15	78,3	18.401	3,3
16	78,3	18.400	2,8
17	68,3	16.042	2,0
18	94,4	22.194	2,1
19	78,0	18.330	3,1
20	78,0	18.330	3,4
21	69,4	16.316	3,3
22	59,5	13.983	2,9
23	51,2	12.036	3,2
24	51,2	12.041	3,2
25	51,4	12.072	3,1
26	80,5	18.919	3,3
27	74,1	17.413	3,4
28	74,1	17.413	3,1
29	76,8	18.058	2,1
30	63,9	15.024	2,0
31	75,0	17.625	2,8
32	75,0	17.625	3,2
33	72,2	16.975	3,2
34	42,2	9.928	3,1
35	46,9	11.031	3,1
36	47,0	11.051	3,0
37	49,1	11.538	2,7
38	28,2	6.622	3,4
39	16,1	3.782	3,7
40	16,1	3.782	3,8
41	16,1	3.782	3,8
42	26,5	6.230	3,5
43	26,5	6.230	3,4
44	16,1	3.782	3,5
45	16,1	3.782	3,4
46	16,1	3.782	3,2
47	16,1	3.782	2,9
48	32,0	7.518	2,1
49	36,6	8.592	2,2
50	20,3	4.759	3,0
51	20,2	4.759	3,3
52	20,3	4.759	3,5
53	32,6	7.667	3,4
54	32,6	7.667	3,6
55	20,3	4.759	3,9
56	20,2	4.759	3,9
57	20,3	4.759	3,9
58	36,3	8.531	3,5
59	55,2	12.965	2,8
60	52,0	12.225	3,1
61	52,6	12.370	3,2
62	59,5	13.991	2,9
63	77,1	18.116	3,2
64	79,8	18.753	3,3
65	79,8	18.753	2,9
66	69,7	16.387	2,1
67	75,1	17.639	3,1
68	82,6	19.421	3,2
69	87,5	20.555	2,9
70	76,6	17.999	2,1
71	71,5	16.806	2,1
72	78,9	18.552	1,7
73	100,1	23.517	2,4

Nummer*	Maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter bodemdijpte kWh/m	Maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking tot 235 m bodemdijpte kWh	Temperatuurdaling ten gevolge van interferentie (= temperatuurcorrectie) °C
74	95,0	22.334	2,6
75	86,8	20.400	2,6
76	46,5	10.929	2,2
77	42,5	9.977	2,7
78	41,9	9.839	3,0
79	48,5	11.392	2,9
80	33,7	7.911	2,4
81	21,6	5.076	2,9
82	21,3	5.010	3,0
83	21,0	4.944	3,1
84	20,8	4.878	3,1
85	20,5	4.812	3,0
86	20,2	4.746	2,9
87	19,9	4.680	2,8
88	31,2	7.335	2,3
89	30,9	7.259	3,0
90	20,7	4.870	3,3
91	20,7	4.868	3,3
92	30,2	7.088	3,0
93	29,4	6.898	3,1
94	20,9	4.915	3,4
95	20,9	4.913	3,4
96	20,9	4.901	3,4
97	30,1	7.067	3,0
98	20,9	4.919	2,5
99	16,0	3.761	2,8
100	15,5	3.644	3,0
101	15,0	3.527	3,0
102	14,5	3.410	3,0
103	16,6	3.899	3,1
104	16,6	3.910	3,1
105	16,1	3.786	3,0
106	15,6	3.663	2,9
107	20,9	4.908	2,5
108	35,8	8.419	2,6
109	21,9	5.136	3,1
110	22,5	5.294	3,3
111	23,9	5.615	3,3
112	20,6	4.838	3,3
113	21,3	4.995	3,3
114	21,9	5.153	3,2
115	22,6	5.311	3,1
116	34,7	8.155	2,6
117	30,5	7.169	3,2
118	21,2	4.982	3,6
119	21,3	5.003	3,7
120	21,3	5.014	3,7
121	21,3	5.016	3,7
122	21,3	5.016	3,6
123	31,0	7.278	3,3
124	20,8	4.891	2,9
125	15,5	3.635	3,3
126	16,1	3.775	3,4
127	16,7	3.916	3,5
128	18,3	4.300	3,5
129	15,7	3.695	3,5
130	15,5	3.635	3,5
131	16,1	3.775	3,4
132	16,7	3.916	3,3
133	24,5	5.768	2,9
134	31,0	7.278	3,3
135	21,3	5.016	3,7
136	21,3	5.016	3,7
137	21,3	5.016	3,7
138	21,3	5.016	3,7
139	21,3	5.016	3,6
140	31,0	7.282	3,3
141	23,5	5.518	2,8
142	19,1	4.494	3,2
143	19,1	4.494	3,3
144	19,1	4.494	3,4
145	19,1	4.494	3,5
146	19,1	4.494	3,6
147	19,1	4.494	3,7
148	19,1	4.494	3,7
149	19,1	4.494	3,7

Nummer*	Maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter bodemdijpte kWh/m	Maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking tot 235 m bodemdijpte kWh	Temperatuurdaling ten gevolge van interferentie (= temperatuurcorrectie) °C
150	27,8	6.521	3,5
151	35,9	8.434	3,3
152	20,2	4.759	3,5
153	20,3	4.759	3,5
154	20,2	4.759	3,4
155	20,2	4.759	3,2
156	20,3	4.759	3,0
157	20,3	4.759	2,7
158	29,2	6.864	2,2
159	55,3	13.000	2,1
160	46,3	10.873	2,6
161	46,3	10.872	2,8
162	46,3	10.873	2,8
163	46,3	10.873	2,8
164	46,3	10.872	2,6
165	88,6	20.825	1,7
166	48,9	11.499	2,8
167	47,7	11.200	3,1
168	51,5	12.114	3,1
169	48,3	11.360	3,0
170	78,0	18.330	3,2
171	78,0	18.330	3,3
172	100,9	23.704	2,9
173	78,0	18.330	2,8
174	78,0	18.330	2,7
175	70,9	16.667	2,4
176	88,8	20.874	2,0
177	64,6	15.180	2,3
178	76,0	17.850	2,3
179	80,0	18.795	2,4
180	85,8	20.165	1,9
181	99,2	23.320	3,0
182	75,6	17.766	3,3
183	75,6	17.766	3,4
184	75,6	17.766	3,2
185	43,9	10.309	3,1
186	49,0	11.518	3,1
187	50,8	11.933	3,0
188	58,7	13.796	2,7
189	43,1	10.118	3,3
190	43,1	10.118	3,5
191	43,1	10.118	3,5
192	43,1	10.118	3,6
193	43,1	10.118	3,5
194	43,1	10.118	3,5
195	107,4	25.234	2,7
196	83,7	19.673	1,2
197	82,4	19.358	1,8
198	91,8	21.569	2,1
199	45,0	10.575	2,7
200	45,0	10.575	2,8
201	45,0	10.575	2,8
202	45,0	10.575	2,9
203	45,0	10.575	2,9
204	45,0	10.575	2,9
205	45,0	10.575	3,0
206	45,0	10.569	2,9
207	45,4	10.664	2,7
208	47,3	11.123	2,9
209	46,0	10.803	2,8
210	44,2	10.384	2,6
211	44,5	10.452	2,2
212	46,8	11.008	1,6
213	83,2	19.548	1,9
214	76,8	18.048	2,7
215	76,6	17.997	2,9
216	82,5	19.386	2,7
217	84,0	19.743	2,6
218	79,8	18.754	2,8
219	77,9	18.316	2,9
220	81,4	19.139	2,9
221	85,1	19.988	2,9
222	88,7	20.837	2,8
223	92,3	21.686	2,5
224	95,9	22.536	1,6
225	80,8	18.988	2,0

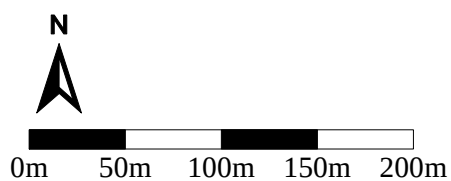
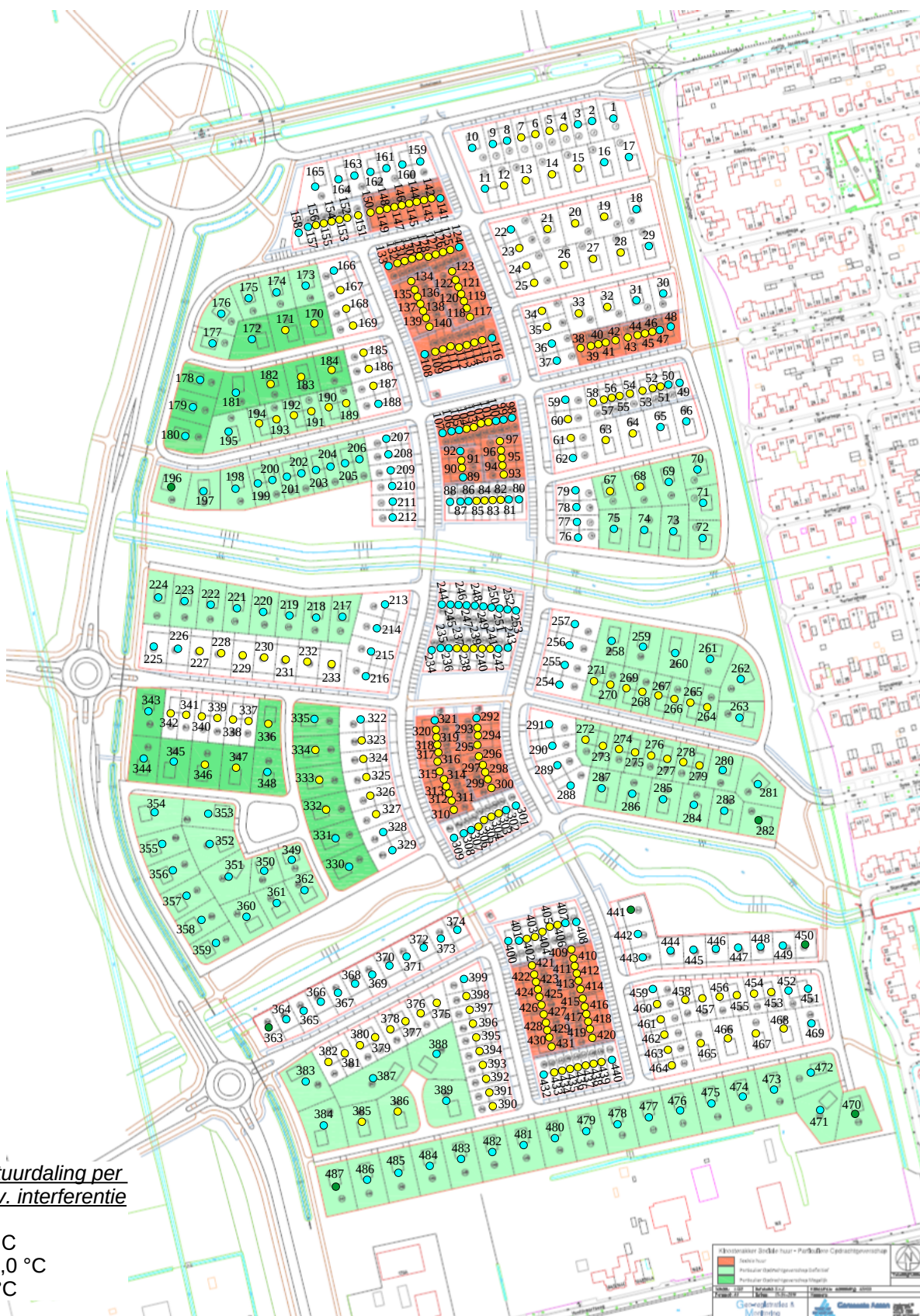
Nummer*	Maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter bodemdijpte kWh/m	Maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking tot 235 m bodemdijpte kWh	Temperatuurdaling ten gevolge van interferentie (= temperatuurcorrectie) °C
226	66,4	15.598	2,9
227	65,3	15.334	3,3
228	65,3	15.334	3,5
229	65,3	15.334	3,5
230	65,2	15.334	3,5
231	65,3	15.334	3,5
232	65,2	15.334	3,5
233	82,4	19.364	3,2
234	27,6	6.491	2,5
235	24,3	5.701	2,8
236	23,8	5.602	3,0
237	23,4	5.503	3,1
238	24,3	5.701	3,1
239	23,8	5.590	3,1
240	22,1	5.194	3,1
241	21,7	5.095	3,0
242	21,3	4.996	2,9
243	27,3	6.404	2,5
244	26,5	6.219	2,3
245	23,7	5.568	2,7
246	23,9	5.613	2,8
247	24,1	5.658	2,9
248	25,6	6.009	2,9
249	25,1	5.908	2,9
250	23,3	5.466	2,9
251	22,7	5.339	2,8
252	22,2	5.212	2,6
253	24,1	5.666	2,3
254	67,1	15.757	2,7
255	64,2	15.079	3,0
256	65,9	15.479	2,8
257	78,5	18.439	2,1
258	90,8	21.335	2,6
259	99,8	23.443	2,6
260	103,6	24.344	2,6
261	123,8	29.104	2,1
262	113,6	26.698	1,8
263	108,0	25.387	2,0
264	53,9	12.670	3,3
265	47,7	11.213	3,6
266	48,0	11.276	3,7
267	47,8	11.229	3,7
268	47,9	11.260	3,7
269	47,9	11.245	3,7
270	47,8	11.245	3,6
271	49,7	11.679	3,4
272	58,1	13.651	3,2
273	48,2	11.328	3,5
274	47,4	11.144	3,6
275	46,6	10.960	3,6
276	45,9	10.776	3,6
277	45,1	10.591	3,6
278	44,3	10.407	3,6
279	43,5	10.223	3,4
280	80,9	19.005	2,8
281	113,4	26.653	1,7
282	85,8	20.163	1,4
283	82,6	19.409	2,3
284	85,0	19.987	2,5
285	85,1	19.987	2,6
286	85,0	19.987	2,6
287	84,3	19.821	2,5
288	75,9	17.832	2,4
289	57,0	13.394	2,9
290	57,0	13.395	2,9
291	76,2	17.916	2,5
292	34,2	8.030	2,4
293	21,6	5.072	3,0
294	20,9	4.920	3,2
295	31,0	7.295	3,2
296	31,8	7.462	3,3
297	21,3	5.001	3,6
298	20,9	4.914	3,6
299	20,8	4.886	3,5
300	30,4	7.135	3,2
301	35,6	8.364	2,4

Nummer*	Maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter bodemdijpte kWh/m	Maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking tot 235 m bodemdijpte kWh	Temperatuurdaling ten gevolge van interferentie (= temperatuurcorrectie) °C
302	22,2	5.225	2,9
303	22,9	5.381	3,1
304	23,6	5.537	3,2
305	24,2	5.693	3,2
306	20,7	4.863	3,0
307	21,3	5.010	3,0
308	21,9	5.157	2,8
309	37,9	8.909	2,2
310	29,0	6.814	3,1
311	21,8	5.118	3,5
312	22,1	5.191	3,6
313	21,4	5.040	3,6
314	21,2	4.977	3,6
315	27,3	6.424	3,4
316	27,3	6.426	3,4
317	21,8	5.131	3,5
318	21,4	5.031	3,4
319	21,3	5.011	3,2
320	21,1	4.959	3,0
321	30,6	7.182	2,4
322	74,2	17.445	2,8
323	59,2	13.922	3,3
324	59,4	13.958	3,4
325	58,8	13.813	3,5
326	62,1	14.586	3,4
327	61,0	14.341	3,3
328	60,5	14.217	2,9
329	66,9	15.715	2,1
330	103,3	24.286	2,1
331	92,9	21.822	2,9
332	95,1	22.354	3,0
333	94,7	22.254	3,2
334	94,1	22.109	3,2
335	98,6	23.183	2,9
336	79,5	18.679	3,1
337	51,8	12.170	3,7
338	51,8	12.170	3,8
339	51,8	12.170	3,8
340	51,8	12.170	3,8
341	51,8	12.170	3,6
342	51,8	12.170	3,3
343	95,5	22.439	2,0
344	90,7	21.305	2,0
345	97,6	22.948	2,9
346	97,6	22.948	3,2
347	97,6	22.948	3,1
348	98,5	23.139	2,7
349	60,6	14.232	2,6
350	68,0	15.973	2,9
351	121,6	28.571	2,9
352	111,7	26.250	2,9
353	94,3	22.167	2,8
354	122,4	28.756	2,0
355	88,4	20.780	2,5
356	89,1	20.942	2,6
357	90,5	21.273	2,6
358	86,8	20.398	2,4
359	82,6	19.422	1,8
360	102,4	24.064	2,4
361	82,6	19.421	2,4
362	70,7	16.626	2,2
363	44,5	10.462	1,3
364	47,1	11.058	1,9
365	48,7	11.445	2,2
366	48,8	11.456	2,4
367	48,8	11.456	2,4
368	48,8	11.456	2,5
369	48,8	11.456	2,5
370	48,8	11.456	2,4
371	48,8	11.456	2,4
372	48,7	11.456	2,3
373	48,7	11.456	2,1
374	45,0	10.575	1,7
375	55,9	13.145	3,2
376	46,4	10.896	3,5
377	46,4	10.896	3,6

Nummer*	Maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter bodemdijpte kWh/m	Maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking tot 235 m bodemdijpte kWh	Temperatuurdaling ten gevolge van interferentie (= temperatuurcorrectie) °C
378	46,4	10.897	3,6
379	46,4	10.896	3,7
380	46,4	10.896	3,8
381	46,4	10.897	3,6
382	54,0	12.682	3,2
383	125,3	29.451	1,8
384	129,1	30.331	1,9
385	101,2	23.794	3,0
386	109,8	25.808	3,1
387	172,7	40.583	2,9
388	156,7	36.816	2,9
389	139,7	32.841	2,7
390	38,1	8.942	3,2
391	38,5	9.042	3,4
392	38,5	9.042	3,5
393	38,5	9.042	3,6
394	38,5	9.042	3,6
395	38,5	9.042	3,6
396	38,5	9.042	3,6
397	38,5	9.042	3,4
398	38,5	9.042	3,2
399	53,6	12.586	2,6
400	36,4	8.557	2,4
401	23,5	5.520	3,0
402	23,5	5.520	3,2
403	24,8	5.827	3,3
404	28,5	6.691	3,1
405	23,5	5.520	3,1
406	23,5	5.520	3,0
407	23,5	5.520	2,9
408	39,4	9.261	2,3
409	30,3	7.125	3,2
410	20,7	4.867	3,6
411	22,0	5.165	3,7
412	21,3	5.016	3,8
413	21,3	5.016	3,8
414	26,8	6.294	3,7
415	26,8	6.294	3,7
416	20,5	4.819	3,9
417	22,2	5.212	3,8
418	21,3	5.016	3,8
419	21,3	5.016	3,8
420	30,2	7.105	3,5
421	31,1	7.310	3,3
422	21,3	5.016	3,7
423	21,3	5.016	3,8
424	22,0	5.170	3,8
425	20,7	4.861	3,9
426	26,8	6.294	3,8
427	26,8	6.294	3,8
428	21,8	5.123	3,9
429	20,9	4.908	3,9
430	21,3	5.016	3,8
431	31,7	7.451	3,5
432	37,0	8.699	3,0
433	21,9	5.139	3,5
434	21,9	5.140	3,7
435	21,9	5.139	3,8
436	21,9	5.139	3,8
437	21,9	5.140	3,7
438	21,9	5.139	3,7
439	21,9	5.139	3,5
440	35,9	8.439	3,0
441	69,5	16.335	1,3
442	54,1	12.707	2,1
443	58,0	13.633	2,4
444	52,3	12.291	2,4
445	49,5	11.633	2,4
446	49,5	11.632	2,4
447	49,5	11.632	2,3
448	49,5	11.633	2,2
449	49,5	11.633	1,9
450	49,5	11.633	1,4
451	48,2	11.324	2,1
452	39,6	9.317	3,0
453	41,4	9.725	3,3

Nummer*	Maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter bodemdijpte kWh/m	Maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking tot 235 m bodemdijpte kWh	Temperatuurdaling ten gevolge van interferentie (= temperatuurcorrectie) °C
454	43,1	10.133	3,5
455	44,9	10.541	3,6
456	46,6	10.949	3,6
457	48,3	11.356	3,6
458	49,3	11.597	3,5
459	42,4	9.966	3,0
460	42,5	9.993	3,3
461	42,5	9.993	3,4
462	42,5	9.993	3,5
463	42,5	9.993	3,4
464	44,4	10.438	3,2
465	85,2	20.029	3,3
466	85,5	20.098	3,4
467	80,9	19.011	3,3
468	76,3	17.924	3,0
469	70,9	16.654	2,2
470	110,2	25.900	1,0
471	130,2	30.596	1,6
472	111,4	26.183	2,2
473	111,3	26.147	2,5
474	111,3	26.147	2,5
475	111,3	26.147	2,4
476	111,3	26.147	2,4
477	111,3	26.147	2,2
478	111,3	26.147	2,2
479	111,3	26.147	2,2
480	111,3	26.147	2,2
481	111,3	26.147	2,3
482	111,3	26.147	2,4
483	111,3	26.147	2,4
484	111,3	26.147	2,4
485	111,3	26.147	2,4
486	111,3	26.147	2,1
487	111,3	26.147	1,4
* nummering volgens kavelnummers uit autocadtekening: Kloosterakker Sociale huur - Particuliere Opdrachtgeverschap, 17-04-2019			

Bijlage 3 Nummering gesloten systemen



Project: Kloosterakker Fase 1 te Assen

Datum: A: 01-11-2019
B:

Onderwerp: Nummering gesloten bodemenergiesystemen

Figuur: Stadium: bodemenergieplan
Referentie: 69153/HeM Getek.: F. van Aken Form.: A4



Bijlage 4 Documenten voorbeeldberekeningen

Voorbeeldberekening kaveloppervlak 140 m²

NOTITIES VOOR PROJECT

- Kloosterakker Fase 1 te Assen
- Bodemenergieplan gesloten systemen
- Kaveloppervlak 140 m²

Samenvatting

Kosten	-
Aantal boringen	1
Boorgatdiepte	218 m
Totale boordiepte	218 m

ONTWERPGEGEVENS

=====

BODEM

Warmtegeleidingsvermogen bodem	2.3 W/(m·K)
Warmtecapaciteit bodem	2.5 MJ/(m ³ ·K)
Temperatuur aardoppervlak	7.9 °C
Geothermische warmtestroom	0 W/m ²

BOORGAT EN BODEMWARMTEWISSELAAR

Opstellingsvorm	0 ("1 : single")
Boorgatdiepte	218 m
Tussenafstand boorgaten	0 m
Type bodemwarmtewisselaar	Enkel-U
Boorgatdiameter	150 mm
U-buis - buitendiameter	40 mm
U-buis - wanddikte	3.7 mm
U-buis - warmtegeleidingsvermogen	0.42 W/(m·K)
U-buis - onderlinge afstand U-benen	70 mm
Warmtegeleidingsvermogen vulmateriaal	1.8 W/(m·K)
Overgangsweerstand buis/vulmateriaal	0 (m·K)/W

THERMISCHE WEERSTAND

Thermische weerstanden boorgat wordt berekend

Aantal multipoles 10

Met interne warmteoverdracht tussen opwaartse en neerwaartse buizen is rekening gehouden

WARMTETRANSPORTMEDIUM

Warmtegeleidingsvermogen	0.48 W/(m·K)
Specifieke warmtecapaciteit	3795 J/(Kg·K)
Dichtheid	1052 Kg/m ³
Viscositeit	0.0052 Kg/(m·s)
Vriespunt	-14 °C
Debiet per boorgat	0.25 l/s

BASISVERMOGEN

Jaarlijks warmwatergebruik	3.5 MWh
Jaarlijks warmtevraag	4.2 MWh
Jaarlijks koelvraag	1 MWh

Seasonal performance factor (WW)	3
Seasonal Performance Factor (verwarming)	4.5
Seasonal Performance Factor (koeling)	40

Maandelijks energieprofiel [MWh]

Maand	Factor	Verwarmingsvermogen	factor	Koelvermogen	Bodemvermogen
JAN	0.155	0.94	0	0	0.7
FEB	0.148	0.91	0	0	0.68
MRT	0.125	0.82	0	0	0.6
APR	0.099	0.71	0	0	0.52
MEI	0.064	0.56	0.15	0.15	0.25
JUN	0	0.29	0.25	0.25	-0.062
JUL	0	0.29	0.25	0.25	-0.062
AUG	0	0.29	0.2	0.2	-0.011
SEP	0.061	0.55	0.15	0.15	0.24
OKT	0.087	0.66	0	0	0.48
NOV	0.117	0.78	0	0	0.58
DEC	0.144	0.9	0	0	0.66
	-----	-----	-----	-----	-----
Totaal	1	7.7	1	1	4.57

PIEKVERMOGEN

Maandelijkse piekvermogens [kW]

Maand	Piek verwarmen	Duur	Piek koelen	Duur [h]
JAN	5	8	0	0
FEB	5	8	0	0
MRT	0	0	0	0
APR	0	0	0	0
MEI	0	0	0	0
JUN	0	0	0	0
JUL	0	0	4	2
AUG	0	0	4	2
SEP	0	0	0	0
OKT	0	0	0	0
NOV	0	0	0	0
DEC	0	0	0	0

Duur van de simulatie (jaren)	25
Maand van inbedrijfstelling	SEP

BEREKENDE WAARDEN

=====

* Monthly calculation *

Totale boordiepte 218 m

THERMISCHE WEERSTAND

Thermische weerstand boorgat intern 0.7 (m·K)/W

Reynoldsgetal 1975

Thermische weerstand medium / buis 0.1658 (m·K)/W

Thermische weerstand buismateriaal 0.07752 (m·K)/W

Contact weerstand buis / vulmateriaal 0 (m·K)/W

Boorgat thermische weerstand medium / grond 0.1848 (m·K)/W

Effectieve thermische weerstand boorgat 0.2074 (m·K)/W

SPECIFIEKE WARMTEONTTREKKING [W/m]

Maand	Basisvermogen		Piekvermogen verwarming
JAN	4.4	17.8	0
FEB	4.26	17.8	0
MRT	3.79	0	0
APR	3.25	0	0
MEI	1.57	0	0
JUN	-0.39	0	0
JUL	-0.39	0	-18.8
AUG	-0.066	0	-18.8
SEP	1.51	0	0
OKT	3.01	0	0
NOV	3.62	0	0
DEC	4.18	0	0

BASISVERMOGEN: GEMIDDELDE MEDIUM TEMPERATUREN (aan het einde van het maand) Maand JAAR [°C]

Jaar	1	2	5	10	25
JAN	7.9	5.74	5.6	5.53	5.46
FEB	7.9	5.77	5.63	5.57	5.5
MRT	7.9	5.95	5.82	5.76	5.69
APR	7.9	6.18	6.06	5.99	5.92
MEI	7.9	6.93	6.81	6.75	6.68
JUN	7.9	7.84	7.73	7.67	7.6
JUL	7.9	7.9	7.8	7.73	7.66
AUG	7.9	7.79	7.69	7.63	7.56
SEP	7.23	7.11	7.01	6.95	6.88
OKT	6.52	6.42	6.32	6.26	6.2
NOV	6.19	6.1	6.01	5.95	5.88
DEC	5.89	5.81	5.72	5.66	5.6

BASISVERMOGEN: JAAR 25

Minimum gemiddelde medium temperatuur 5.46 °C Aan het einde van JAN
Maximum gemiddelde medium temperatuur 7.66 °C Aan het einde van JUL

PIEKVERMOGEN VERWARMEN: GEMIDDELDE MEDIUM TEMPERATUUR (aan het einde van maand) [°C]

Jaar	1	2	5	10	25
JAN	7.9	1.86	1.72	1.65	1.58
FEB	7.9	1.84	1.71	1.64	1.57
MRT	7.9	5.95	5.82	5.76	5.69
APR	7.9	6.18	6.06	5.99	5.92
MEI	7.9	6.93	6.81	6.75	6.68
JUN	7.9	7.84	7.73	7.67	7.6
JUL	7.9	7.9	7.8	7.73	7.66
AUG	7.9	7.79	7.69	7.63	7.56
SEP	7.23	7.11	7.01	6.95	6.88
OKT	6.52	6.42	6.32	6.26	6.2
NOV	6.19	6.1	6.01	5.95	5.88
DEC	5.89	5.81	5.72	5.66	5.6

PIEKVERMOGEN VERWARMEN: JAAR 25

Minimum gemiddelde medium temperatuur 1.57 °C Aan het einde van FEB

Maximum gemiddelde medium temperatuur 7.66 °C Aan het einde van JUL

PIEKVERMOGEN KOELING: GEMIDDELDE MEDIUM TEMPERATUUR (aan het einde van maand) [°C]

Jaar	1	2	5	10	25
JAN	7.9	5.74	5.6	5.53	5.46
FEB	7.9	5.77	5.63	5.57	5.5
MRT	7.9	5.95	5.82	5.76	5.69
APR	7.9	6.18	6.06	5.99	5.92
MEI	7.9	6.93	6.81	6.75	6.68
JUN	7.9	7.84	7.73	7.67	7.6
JUL	7.9	12.3	12.2	12.2	12.1
AUG	7.9	12.3	12.2	12.2	12.1
SEP	7.23	7.11	7.01	6.95	6.88
OKT	6.52	6.42	6.32	6.26	6.2
NOV	6.19	6.1	6.01	5.95	5.88
DEC	5.89	5.81	5.72	5.66	5.6

PIEKVERMOGEN KOELING: JAAR 25

Minimum gemiddelde medium temperatuur 5.46 °C Aan het einde van JAN

Maximum gemiddelde medium temperatuur 12.1 °C Aan het einde van JUL

Kloosterakker Fase 1 te Assen

Rekensheet Bodemenergieplan

Naam:	Rekenvoorbeeld 1
Straat:	
Huisnr.	
Datum:	
Opmerking:	Kaveloppervlak 140 m ²

Gegevens woning/gebouw (bouwwerk)

	Bouwwerk		SPF		Bodem
Warmtelevering ruimteverwarming	4,2	MWh	4,5		3,3 MWh
Warmtelevering tapwaterverwarming	3,5	MWh	3,0		2,3 MWh
Jaarlijkse warmteonttrekking aan bodem					5,6 MWh
Koudelevering	1,0	MWh	40		1,0 MWh
Jaarlijkse warmtetoevoer aan bodem					1,0 MWh
Jaarlijkse netto warmteonttrekking = Warmteonttrekking aan bodem - Warmtetoevoer aan bodem					4,6 MWh

Berekening aan te boren bodemdiepte

Maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter bodemdiepte	21,0	kWh/m	uit tabel bodemenergieplan
Berekende aan te boren minimale bodemdiepte			218 m

Aantal bodemlussen tot aan te boren bodemdiepte (door aannemer)

Temperatuurcorrectie kavel volgens Bodemenergieplan	3,1	°C	
Indicatie gemiddelde bodemtemperatuur tot	218	m	7,9
Aantal bodemlussen tot aan te boren bodemdiepte tot	218	m	7,9 °C
Totale boorgatlengte			1
			218 m

Voorbeeldberekening kaveloppervlak 400 m²

NOTITIES VOOR PROJECT

- Kloosterakker Fase 1 te Assen
- Bodemenergieplan gesloten systemen
- Kaveloppervlak 400 m²

Samenvatting

Kosten	-
Aantal boringen	2
Boorgatdiepte	180 m
Totale boordiepte	360 m

ONTWERPGEGEVENS

=====

BODEM

Warmtegeleidingsvermogen bodem	2.3 W/(m·K)
Warmtecapaciteit bodem	2.5 MJ/(m ³ ·K)
Temperatuur aardoppervlak	8.1 °C
Geothermische warmtestroom	0 W/m ²

BOORGAT EN BODEMWARMTEWISSELAAR

Opstellingsvorm	1 ("2 : 1 x 2 line")
Boorgatdiepte	180 m
Tussenafstand boorgaten	6 m
Type bodemwarmtewisselaar	Enkel-U
Boorgatdiameter	150 mm
U-buis - buitendiameter	40 mm
U-buis - wanddikte	3.7 mm
U-buis - warmtegeleidingsvermogen	0.42 W/(m·K)
U-buis - onderlinge afstand U-benen	70 mm
Warmtegeleidingsvermogen vulmateriaal	1.8 W/(m·K)
Overgangsweerstand buis/vulmateriaal	0 (m·K)/W

THERMISCHE WEERSTAND

Thermische weerstanden boorgat wordt berekend

Aantal multipoles 10

Met interne warmteoverdracht tussen opwaartse en neerwaartse buizen is rekening gehouden

WARMTETRANSPORTMEDIUM

Warmtegeleidingsvermogen	0.48 W/(m·K)
Specifieke warmtecapaciteit	3795 J/(Kg·K)
Dichtheid	1052 Kg/m ³
Viscositeit	0.0052 Kg/(m·s)
Vriespunt	-14 °C
Debiet per boorgat	0.25 l/s

BASISVERMOGEN

Jaarlijks warmwatergebruik	6 MWh
Jaarlijks warmtevraag	14 MWh
Jaarlijks koelvraag	4 MWh

Seasonal performance factor (WW)	3
Seasonal Performance Factor (verwarming)	4.5
Seasonal Performance Factor (koeling)	40

Maandelijks energieprofiel [MWh]

Maand	Factor	Verwarmingsvermogen		factor	Koelvermogen	Bodemvermogen
JAN	0.155	2.67	0	0	2.02	
FEB	0.148	2.57	0	0	1.94	
MRT	0.125	2.25	0	0	1.69	
APR	0.099	1.89	0	0	1.41	
MEI	0.064	1.4	0.15	0.6	0.42	
JUN	0	0.5	0.25	1	-0.69	
JUL	0	0.5	0.25	1	-0.69	
AUG	0	0.5	0.2	0.8	-0.49	
SEP	0.061	1.35	0.15	0.6	0.38	
OKT	0.087	1.72	0	0	1.28	
NOV	0.117	2.14	0	0	1.61	
DEC	0.144	2.52	0	0	1.9	
	-----	-----	-----	-----	-----	
Totaal	1	20	1	4	10.8	

PIEKVERMOGEN

Maandelijkse piekvermogens [kW]

Maand	Piek verwarmen	Duur	Piek koelen	Duur [h]
JAN	10	8	0	0
FEB	10	8	0	0
MRT	0	0	0	0
APR	0	0	0	0
MEI	0	0	0	0
JUN	0	0	0	0
JUL	0	0	4	2
AUG	0	0	4	2
SEP	0	0	0	0
OKT	0	0	0	0
NOV	0	0	0	0
DEC	0	0	0	0

Duur van de simulatie (jaren)	25
Maand van inbedrijfstelling	SEP

BEREKENDE WAARDEN

=====

* Monthly calculation *

Totale boordiepte 360 m

THERMISCHE WEERSTAND

Thermische weerstand boorgat intern 0.7 (m·K)/W

Reynoldsgetal 1975

Thermische weerstand medium / buis 0.1658 (m·K)/W

Thermische weerstand buismateriaal 0.07752 (m·K)/W

Contact weerstand buis / vulmateriaal 0 (m·K)/W

Boorgat thermische weerstand medium / grond 0.1848 (m·K)/W

Effectieve thermische weerstand boorgat 0.2002 (m·K)/W

SPECIFIEKE WARMTEONTTREKKING [W/m]

Maand	Basisvermogen		Piekvermogen verwarming
JAN	7.69	21.6	0
FEB	7.4	21.6	0
MRT	6.45	0	0
APR	5.37	0	0
MEI	1.58	0	0
JUN	-2.63	0	0
JUL	-2.63	0	-11.4
AUG	-1.85	0	-11.4
SEP	1.46	0	0
OKT	4.87	0	0
NOV	6.12	0	0
DEC	7.23	0	0

BASISVERMOGEN: GEMIDDELDE MEDIUM TEMPERATUREN (aan het einde van het maand) Maand JAAR
[°C]

Jaar	1	2	5	10	25
JAN	8.1	4.34	4.01	3.83	3.64
FEB	8.1	4.37	4.05	3.88	3.69
MRT	8.1	4.71	4.41	4.24	4.05
APR	8.1	5.15	4.86	4.69	4.5
MEI	8.1	6.81	6.53	6.36	6.17
JUN	8.1	8.74	8.47	8.3	8.12
JUL	8.1	8.9	8.64	8.47	8.29
AUG	8.1	8.66	8.41	8.24	8.06
SEP	7.46	7.26	7.02	6.86	6.68
OKT	5.92	5.72	5.49	5.33	5.15
NOV	5.26	5.07	4.84	4.69	4.51
DEC	4.65	4.47	4.25	4.1	3.92

BASISVERMOGEN: JAAR 25

Minimum gemiddelde medium temperatuur 3.64 °C Aan het einde van JAN

Maximum gemiddelde medium temperatuur 8.29 °C Aan het einde van JUL

PIEKVERMOGEN VERWARMEN: GEMIDDELDE MEDIUM TEMPERATUUR (aan het einde van maand) [°C]

Jaar	1	2	5	10	25
JAN	8.1	0.42	0.087	-0.092	-0.28
FEB	8.1	0.37	0.049	-0.13	-0.32
MRT	8.1	4.71	4.41	4.24	4.05
APR	8.1	5.15	4.86	4.69	4.5
MEI	8.1	6.81	6.53	6.36	6.17
JUN	8.1	8.74	8.47	8.3	8.12
JUL	8.1	8.9	8.64	8.47	8.29
AUG	8.1	8.66	8.41	8.24	8.06
SEP	7.46	7.26	7.02	6.86	6.68
OKT	5.92	5.72	5.49	5.33	5.15
NOV	5.26	5.07	4.84	4.69	4.51
DEC	4.65	4.47	4.25	4.1	3.92

PIEKVERMOGEN VERWARMEN: JAAR 25

Minimum gemiddelde medium temperatuur -0.32 °C Aan het einde van FEB

Maximum gemiddelde medium temperatuur 8.29 °C Aan het einde van JUL

PIEKVERMOGEN KOELING: GEMIDDELDE MEDIUM TEMPERATUUR (aan het einde van maand) [°C]

Jaar	1	2	5	10	25
JAN	8.1	4.34	4.01	3.83	3.64
FEB	8.1	4.37	4.05	3.88	3.69
MRT	8.1	4.71	4.41	4.24	4.05
APR	8.1	5.15	4.86	4.69	4.5
MEI	8.1	6.81	6.53	6.36	6.17
JUN	8.1	8.74	8.47	8.3	8.12
JUL	8.1	10.9	10.7	10.5	10.3
AUG	8.1	10.9	10.6	10.5	10.3
SEP	7.46	7.26	7.02	6.86	6.68
OKT	5.92	5.72	5.49	5.33	5.15
NOV	5.26	5.07	4.84	4.69	4.51
DEC	4.65	4.47	4.25	4.1	3.92

PIEKVERMOGEN KOELING: JAAR 25

Minimum gemiddelde medium temperatuur 3.64 °C Aan het einde van JAN

Maximum gemiddelde medium temperatuur 10.3 °C Aan het einde van JUL

Kloosterakker Fase 1 te Assen

Rekensheet Bodemenergieplan

Naam:	Rekenvoorbeeld 2
Straat:	
Huisnr.	
Datum:	
Opmerking:	Kaveloppervlak 400 m ²

Gegevens woning/gebouw (bouwwerk)

	Bouwwerk		SPF		Bodem
Warmtelevering ruimteverwarming	14,0	MWh	4,5		10,9 MWh
Warmtelevering tapwaterverwarming	6,0	MWh	3,0		4,0 MWh
Jaarlijkse warmteonttrekking aan bodem					14,9 MWh
Koudelevering	4,0	MWh	40		4,1 MWh
Jaarlijkse warmtetoevoer aan bodem					4,1 MWh
Jaarlijkse netto warmteonttrekking = Warmteonttrekking aan bodem - Warmtetoevoer aan bodem					10,8 MWh

Berekening aan te boren bodemdiepte

Maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter bodemdiepte	60,1	kWh/m	uit tabel bodemenergieplan
Berekende aan te boren minimale bodemdiepte			180 m

Aantal bodemlussen tot aan te boren bodemdiepte (door aannemer)

Temperatuurcorrectie kavel volgens Bodemenergieplan	2,7	°C	
Indicatie gemiddelde bodemtemperatuur tot	180	m	8,1
Aantal bodemlussen tot aan te boren bodemdiepte tot	180 m		8,1 °C
Totale boorgatlengte			2
			360 m

IF Technology **Creating energy**



Velperweg 37
6824 BE Arnhem
Postbus 605
6800 AP Arnhem

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

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

IF Technology **Creating energy**