

Bodemenergieplan

Gesloten systemen in Souburg-Noord in Vlissingen





Datum 23 december 2020

Referentie 69394/SV/20201223

Betreft Bodemenergieplan gesloten systemen in Souburg-Noord te Vlissingen

Behandeld door Dhr. H. de Jonge / Dhr. D. Weerdenburg

Gecontroleerd door Dhr. S. Verplak

Versienummer 2.0

OPDRACHTGEVER

Gemeente Vlissingen

Postbus 3000

4380 GV VLISSINGEN

Contactpersoon: dhr. J. Treurniet

OPSTELLER BODEMENERGIEPLAN

IF Technology bv

Velperweg 37

Postbus 605

6800 AP Arnhem

T 026 35 35 555

INHOUDSOPGAVE

1 Inleiding	4
1.1 Souburg-Noord	4
1.2 Werkingsprincipe warmtepompinstallatie	4
1.3 Interferentie	5
1.4 Verordening interferentiegebied	6
1.5 Regels en bodemenergieplan	6
2 Geohydrologisch onderzoek	7
2.1 Bodemopbouw	7
2.2 Bodemtemperatuur	7
2.3 Grondwaterkwaliteit en -stroming	8
2.4 Overige belangen	8
3 Bodemenergieplan	9
3.1 Doelstelling	9
3.2 Interferentie en ontwerp	9
3.3 Uitgangspunten interferentieberekening	10
3.4 Resultaten interferentieberekening	10
3.5 Maximaal toegestane jaarlijkse netto warmteonttrekking	11
3.6 Temperatuurcorrectie	11
4 Regels	13
4.1 Algemene regels	13
4.2 Locatie specifieke regels Souburg-Noord	13
5 Voorbeeldberekeningen	15
5.1 Inleiding	15
5.2 Voorbeeld 1 - grote woning	15
5.3 Voorbeeld 2 - kleine woning	18
5.4 Warmtevraag woning groter dan maximale netto jaarlijkse warmtelevering bodem	19
Bijlage 1 Berekende temperatuurdaling na 25 jaar en temperatuurdaling door interferentie	21
Bijlage 2 Maximale warmteonttrekking en temperatuurcorrectie per kavel	22
Bijlage 3 Documenten voorbeeldberekeningen	23

1 Inleiding

1.1 SOUBURG-NOORD

De buurt Souburg-Noord is een nieuwbouwwijk in de gemeente Vlissingen gelegen in het dorp Oost-Souburg. Souburg-Noord is onderverdeeld in drie fasen, waarvan fase 1 (grotendeels) gerealiseerd is. Dit bodemenergieplan is opgesteld voor de ontwikkelingen binnen fase 2 en 3. Ook is de nieuwbouw binnen locatie Vlugtenburg, gelegen aan de noordzijde van fase 3, opgenomen in het plan. Binnen Souburg-Noord fase 2 en 3 en Vlugtenburg worden circa 140 grondgebonden woningen en een appartementencomplex gerealiseerd. Opgemerkt wordt dat de gehanteerde verkaveling voor de berekeningen voor fase 3 en Vlugtenburg nog een proefverkaveling betreft en op termijn nog kan wijzigen.

Omdat geen gas-/warmtenet in Souburg-Noord is gepland, is de verwachting dat voor het verwarmen en koelen van de woningen veel gebruik zal worden gemaakt van individuele warmtepompen in combinatie met gesloten bodemenergiesystemen. Uitgangspunt voor de uitwerking van het bodemenergieplan is dat het nu en in de toekomst mogelijk moet zijn om alle woningen in Souburg-Noord te verwarmen met behulp van individuele elektrisch aangedreven (combi)warmtepompen in combinatie met gesloten bodemenergiesystemen.



Figuur 1.1 | Souburg-Noord in Vlissingen

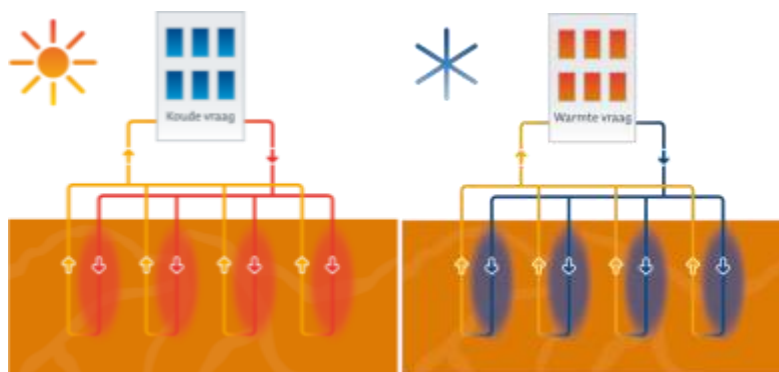
1.2 WERKINGSPRINCIPE WARMTEPOMPINSTALLATIE

Met een elektrisch aangedreven combiwarmtepomp worden de ruimten van de woning en het tapwater verwarmd. De bronwarmte van de warmtepomp wordt onttrokken aan de bodem met behulp van een gesloten bodemenergiesysteem.

Een gesloten bodemenergiesysteem bestaat uit één of meerdere verticaal in de bodem aangebrachte kunststof slangen (bodemplussen) die middels een boring in de bodem tot grote diepte

worden aangebracht. In het gesloten bodemenergiesysteem stroomt een circulatievloeistof bestaande uit een mengsel van water met antivries of alleen water.

Door de warmteonttrekking daalt de temperatuur van de bodem rondom het gesloten bodemenergiesysteem. Hiervan kan in de zomer weer gebruik worden gemaakt om de woning te koelen. De temperatuur van de bodem rondom het gesloten bodemenergiesysteem zal hierdoor weer toenemen. Omdat de jaarlijkse warmteonttrekking aan de bodem groter is dan de jaarlijkse warmtetoevoer in de zomer (koeling), daalt op termijn de temperatuur van de bodem. Hierdoor treedt interferentie op tussen de gesloten bodemenergiesystemen onderling, zie paragraaf 1.3.



Figuur 1.2 | Principeschema gesloten bodemenergiesysteem

1.3 INTERFERENTIE

Bij toepassing van warmtepompen en gesloten bodemenergiesystemen onttrekken de woningen in Souburg-Noord netto warmte aan de bodem. Deze grootschalige warmteonttrekking resulteert in een temperatuurdaling van de bodem. Dit houdt in dat voor een gesloten systeem op elke kavel rekening moet worden gehouden met de temperatuurdaling van de bodem ten gevolge van alle 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 een maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter bodemdiepte vastgesteld. Dit is nodig om ook op lange termijn de woningen duurzaam te kunnen verwarmen. 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.

Opgemerkt wordt dat in nieuw te realiseren woonwijken waar nog geen gesloten bodemenergiesystemen aanwezig zijn en waar in de toekomst op grote schaal gesloten bodemenergiesystemen in de bodem worden aangebracht, de temperatuursinvloed tussen de nieuw te realiseren systemen onderling vaak groter is dan $1,5^{\circ}\text{C}$ (interferentie). Deze temperatuursinvloed kan en mag groter zijn, als met het ontwerp van elk gesloten bodemenergiesysteem rekening wordt gehouden met deze lagere temperatuur van de bodem.

1.4 VERORDENING INTERFERENTIEGEBIED

De gemeente Vlissingen zal Souburg-Noord bij verordening aanwijzen als een interferentiegebied. Dit houdt in dat voor het realiseren van een gesloten bodemenergiesysteem de Omgevingsvergunning beperkte milieutoets (Obm) bij het bevoegd gezag moet worden aangevraagd.

Het beoordelingscriterium om interferentiegebieden aan te wijzen, is het voorkomen van interferentie of anderszins ondoelmatig gebruik van bodemenergie te voorkomen. Bij doelmatig gebruik gaat het om optimaal gebruik van de potentie van de bodem om warmte te leveren. Daarbij gaat het enerzijds om een zo goed mogelijk rendement van een systeem en anderzijds om de totale energieproductie van meerdere systemen in een gebied. Bij dit laatste gaat het in praktische zin om het beperken/voorkomen van negatieve interferentie en om een optimale onderlinge ordening van bodemenergiesystemen.

1.5 REGELS EN BODEMENERGIEPLAN

Nadat Souburg-Noord is aangewezen als een interferentiegebied kan het bevoegd gezag regels opstellen waaraan het realiseren en het in werking hebben van een gesloten bodemenergiesysteem moet voldoen. De regels voor het realiseren en het in werking hebben van een gesloten bodemenergiesysteem zijn voor Souburg-Noord verwoord in dit bodemenergieplan.

De regels in dit bodemenergieplan zijn zo opgesteld dat alle nieuw te bouwen woningen in Souburg-Noord doelmatig gebruik kunnen maken van de ondergrond voor bodemenergie. Daarnaast zorgen de regels ervoor dat interferentie tussen de gesloten systemen wordt beperkt en daarmee nadelige invloed op het systeemrendement wordt voorkomen. Indien uit de vergunningaanvraag blijkt dat aan de regels wordt voldaan, kan door het bevoegd gezag de vergunning worden verleend.

2 Geohydrologisch onderzoek

2.1 BODEMOPBOUW

De bodemopbouw op en in de directe omgeving van Souburg-Noord is bepaald op basis van boorbeschrijvingen uit het archief van TNO Bouw en Ondergrond via DINOloket en de regionale schematisatie van REGIS II en weergegeven in Tabel 2.1.

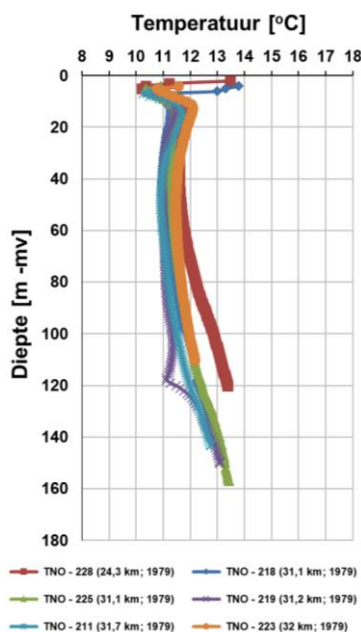
Tabel 2.1 | Gehanteerde bodemopbouw

diepte [m-mv]	lithologie	geohydrologische benaming
0 - 10	klei en fijn zand	deklaag
10 - 50	fijn tot matig grof kleiig/siltig zand	eerste watervoerende pakket
50 - 70	klei	eerste scheidende laag
70 - 90	fijn tot matig grof kleiig/siltig zand	tweede watervoerende pakket A
90 - 120	klei, leem en fijn zand	scheidende laag
120 - 140	fijn tot matig grof kleiig/siltig zand	tweede watervoerende pakket B
140 - 200	klei en fijn zand	tweede scheidende laag
200 - 260	fijn sterk siltig zand	derde watervoerende pakket
>260	klei en fijn zand	hydrologische basis

Op basis van de beschikbare informatie is op te maken dat de bodem bestaat uit een afwisseling van kleilagen en kleiige/siltige zandlagen. De diepte en dikte van de watervoerende pakketten en scheidende lagen kunnen lokaal variëren.

2.2 BODEMTEMPERATUUR

De temperatuur van de bodem tussen maaiveld tot aan de tweede scheidende laag bedraagt circa 11,5°C (zie Figuur 2.1). Deze temperatuur is gebaseerd op temperatuurmetingen van TNO op relatief grote afstand van Vlissingen (circa 30 km). Verwacht wordt dat de bodemtemperatuur in Vlissingen wel ongeveer overeenkomt met deze temperatuur.



Figuur 2.1 | Bodemtemperatuurmetingen

2.3 GRONDWATERKWALITEIT EN -STROMING

Het grondwater in alle watervoerende pakketten is zout en de grootte van de grondwaterstroming in alle watervoerende pakketten is verwaarloosbaar.

2.4 OVERIGE BELANGEN

De locatie Souburg-Noord is niet gelegen in een grondwaterbeschermingsgebied of een ander aangewezen gebied, waarin gesloten bodemenergiesystemen niet mogen worden toegepast.

Het plangebied is op de Indicatieve Kaart Archeologische Waarden (IKAW) en op de gemeentelijke Archeologisch beleidsadvieskaart 2016 aangeduid als een gebied met middelhoge en hoge verwachtingswaarde. Op basis van uitgevoerd archeologisch onderzoek wordt geconcludeerd dat de aanwezige archeologische resten niet behoudenswaardig zijn. Nader onderzoek door middel van een opgraving is niet nodig. Naar aanleiding van het uitgevoerde onderzoek is het plangebied niet voorzien van een dubbelbestemming 'Waarde - Archeologie'. Archeologie vormt geen belemmering voor de beoogde ontwikkeling in het plangebied.

Op basis van informatie verkregen uit de WKO-tool en gegevens die zijn opgevraagd bij de provincie Zeeland, volgt dat in de omgeving een aantal gesloten bodemenergiesystemen (Souburg-Noord fase 1 en ten noordwesten van Souburg-Noord) aanwezig zijn. Uit de interferentieberekeningen (paragraaf 3.4) volgt dat geen sprake is van thermische invloed van de te realiseren gesloten bodemenergiesystemen in Souburg-Noord fase 2/3 op de bestaande gesloten bodemenergiesystemen. Ook omgekeerd is er geen sprake van thermische beïnvloeding.

3 Bodemenergieplan

3.1 DOELSTELLING

Het belangrijkste doel van het bodemenergieplan is om regels te hebben voor het realiseren en het in werking hebben van gesloten bodemenergiesystemen, zodat voor alle woningen 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 particuliere kavelkooper(s), de ontwikkelaar(s), de aannemer(s), de gemeente Vlissingen en het bevoegd gezag duidelijk is waaraan de gesloten bodemenergiesystemen moeten voldoen, voor het verkrijgen van de Omgevingsvergunning beperkte milieutoets (Obm).

3.2 INTERFERENTIE EN ONTWERP

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

Interferentie door bodemenergiesystemen in omgeving

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

In woonwijken waar op grote schaal gesloten bodemenergiesystemen worden toegepast, kan de temperatuurdaling door interferentie groter zijn dan 1,5°C als met elk individueel ontwerp van de gesloten bodemenergiesystemen hiermee rekening wordt gehouden. Het is dus van belang om vooraf, op basis van interferentieberekeningen, het temperatuureffect van grootschalige toepassing van gesloten bodemenergiesystemen te kwantificeren. Deze interferentieberekeningen zijn voor Souburg-Noord uitgevoerd. De resultaten zijn beschreven in paragraaf 3.4. De potentieberekeningen resulteren per kavel in twee grootheden waaraan het ontwerp van de gesloten bodemenergiesystemen moet voldoen. Deze grootheden zijn:

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

Ontwerp

De minimaal toe te passen bodemdiepte wordt bepaald door de maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter bodemdiepte. De maximaal toe te passen bodemdiepte wordt bepaald door de technische mogelijkheden en de bodemeigenschappen. Ervaring in Vlissingen leert dat bodemlussen tot circa 125 m-mv gerealiseerd worden. In dit plan is daarom voor de uitwerking uitgegaan van een boordiepte van 125 m-mv.

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 verdamper van de warmtepomp naar de bodemlus) niet lager mag zijn dan -3°C .

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 op het kavel 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 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.

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.

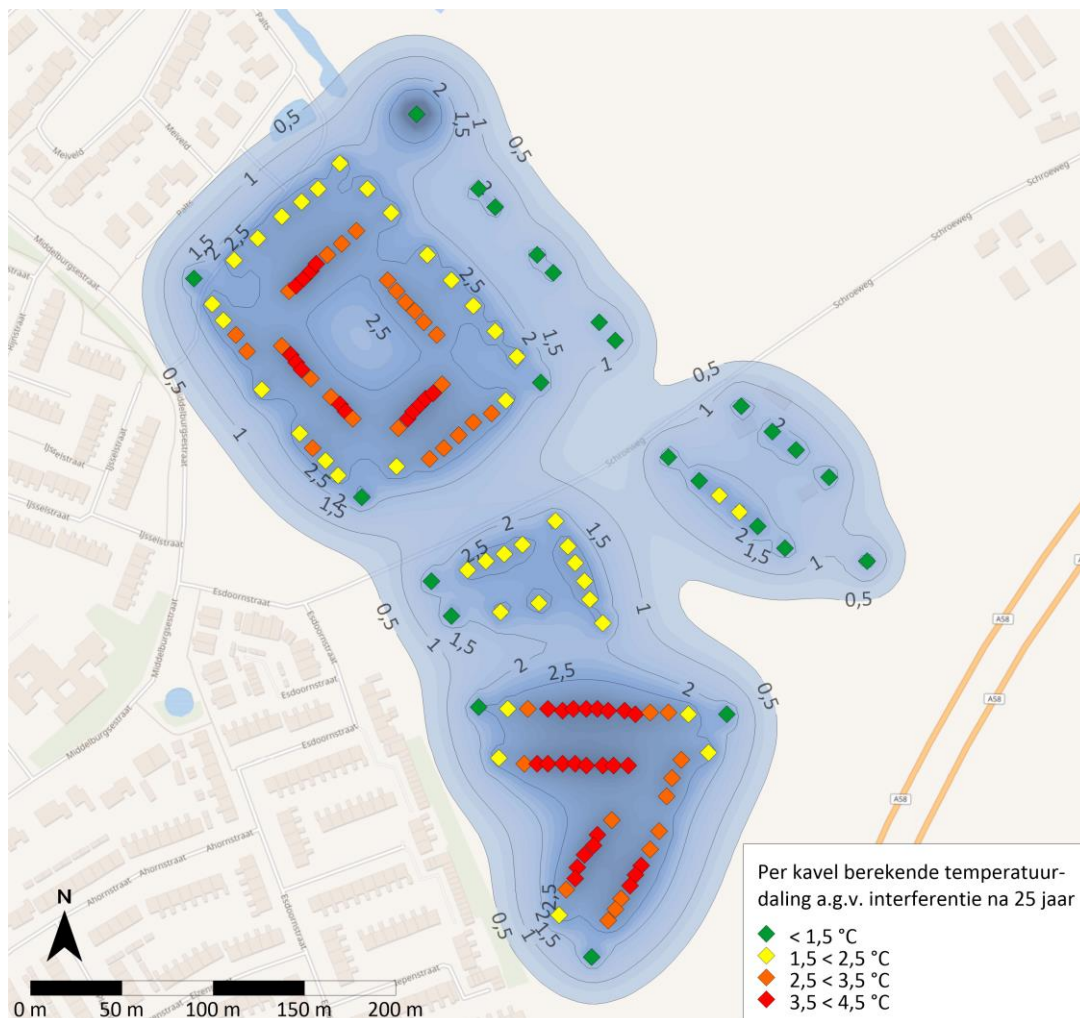
De uitgangspunten voor de berekeningen zijn als volgt:

- De verkaveling van Souburg-Noord (conform tekening souburg totaal 16-07-2020.dwg).
- De bodemopbouw en de grondwaterstroming zoals deze zijn omschreven in hoofdstuk 2.
- De diepte van de gesloten bodemenergiesystemen ter bepaling van de maximale netto warmteonttrekking bedraagt 125 m-mv.
- De periode waarvoor de thermische berekeningen zijn uitgevoerd, bedraagt 25 jaar.

3.4 RESULTATEN INTERFERENTIEBEREKENING

De resultaten van de berekeningen zijn weergegeven in Figuur 3.1 en in Bijlage 1. In dit figuur zijn de contouren van de berekende temperatuurdaling weergegeven na een periode van 25 jaar voor de situatie waarbij op alle kavels (netto) warmte aan de bodem wordt onttrokken.

In Bijlage 2 is per kavel opgegeven wat de maximale netto warmteonttrekking per meter bodemdiepte en de temperatuurdaling is. De nummering van de gesloten bodemenergiesystemen is per kavel weergegeven in de gekleurde stippen, zie ook Bijlage 1.



Figuur 3.1 | Thermische beïnvloeding tussen 0 en 125 m-mv na 25 jaar (zie Bijlage 1 voor groot formaat)

3.5 MAXIMAAL TOEGESTANE JAARLIJKSE NETTO WARMTEONTTREKKING

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

Opgemerkt wordt dat de berekende netto warmteonttrekking de maximale onttrekking voor het betreffende kavel is en niet per bodemlus. Deze netto warmteonttrekking kan dus niet worden verhoogd door het aanbrengen van meerdere bodemlussen op een kavel. Indien de opgenomen netto warmteonttrekking onvoldoende blijkt, dienen er andere maatregelen te worden getroffen. Zie hiervoor paragraaf 5.4.

3.6 TEMPERATUURCORRECTIE

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 realiseren en het in werking hebben van een gesloten bodemenergiesysteem binnen de grenzen van dit bodemenergieplan, 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 artikel 1.10a 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 Hoofdstuk 3a van het Besluit lozen buiten inrichtingen (Blbi).
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 eerder geïnstalleerde bodemenergiesystemen dat het doelmatig functioneren van de desbetreffende systemen kan worden geschaad) niet nodig. Zie artikel 1.10a-h uit het Besluit lozen buiten inrichtingen (Blbi).

4.2 LOCATIE SPECIFIEKE REGELS SOUBURG-NOORD

Voor het realiseren en het in werking hebben van een gesloten bodemenergiesysteem binnen de grenzen van dit bodemenergieplan gelden voor Souburg-Noord 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 in de bodem te worden aangebracht.
7. De afstand tussen een boorgat en de kavelgrens direct grenzend aan een kavel van een naastgelegen woning met (een gerealiseerd of nog te realiseren) bodemenergiesysteem dient te allen tijde groter of gelijk te zijn aan 2,4 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. Het betreft hier de maximale onttrekking per kavel en derhalve niet per bodemlus. Voor de onderbouwing dient gebruik te worden gemaakt van de rekensheet zoals opgenomen in Bijlage 3. Deze sheet zal separaat worden verstrekt.
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 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 de SIKB BRL Protocol 11001¹ weergegeven programma's Glhepro, DST en SBM).

De resultaten van de berekening dienen als bijlage bij de vergunningaanvraag te worden toegevoegd. Indien uit de ontwerpberekening blijkt dat twee of meer boorgaten per kavel nodig zijn, bedraagt de minimale bodemdiepte van elk boorgat de bij regel 8 berekende bodemdiepte.

¹ SIKB BRL Protocol 11001: Stichting Infrastructuur Kwaliteitsborging Bodembeheer Beoordelingsrichtlijn Protocol 11001.

5 Voorbeeldberekeningen

5.1 INLEIDING

Om inzicht te geven hoe dit bodemenergieplan moet worden gelezen en hoe de regels moeten worden geïnterpreteerd, zijn in dit hoofdstuk drie voorbeeldberekeningen uitgewerkt. In deze voorbeelden is als uitgangspunt gehanteerd dat de bodemlussen tot maximaal 125 meter diepte worden gerealiseerd. Dit vanwege het feit dat tot op heden in de praktijk de bodemlussen nog niet dieper zijn aangebracht. Het is echter niet uitgesloten om de bodemlussen dieper aan te brengen en daarmee de maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking te vergroten.

In onderstaande tabel is de verklaring gebruikte symbolen in dit hoofdstuk opgenomen. De voorbeelden zijn deels uitgewerkt in rekensheets die als Bijlage 3 in dit document zijn 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)
$T_{\text{gem, circulatievloestof}}$	°C	De gemiddelde temperatuur van de circulatievloestof in de bodemlus
$T_{\text{verdampers}}$	°C	De temperatuur aan de verdamperzijde van de warmtepomp

5.2 VOORBEELD 1 - GROTE WONING

Gegevens woning met warmtepomp en gesloten bodemenergiesysteem

Voor ruimte- en tapwaterverwarming en het koelen van een relatief grote woning met een kaveloppervlakte van circa 570 m² (nummer 9) wordt een elektrische combiwarmtepomp met een gesloten bodemenergiesysteem toegepast. Uit de SPF-berekening van de installateur blijkt bijvoorbeeld: De warmtevraag van de woning (het bouwwerk) voor ruimte- en tapwaterverwarming bedraagt 8,6 respectievelijk 3,6 MWh per jaar. De gemiddelde SPF van de warmtepomp bedraagt 4,5 voor ruimteverwarming en 3,0 voor tapwaterverwarming. De koudevraag (van het bouwwerk) bedraagt 3 MWh per jaar met een SPF van 20 voor de circulatiepomp.

Voor het kavel geldt volgens Bijlage 2 in dit bodemenergieplan een maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter aangeboorde bodemdiepte van 52 kWh/m en een temperatuurcorrectie van 2,0°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. Zie ook de rekensheet Bijlage 3.

Tabel 5.2 | Berekening jaarlijkse netto warmteonttrekking aan bodem

	Bouwwerk	SPF	Berekening	Bodemzijdig
Ruimteverwarming	8,6 MWh	4,5	$Q_{rv} \times ((SPF - 1) / SPF)$ $8,6 \times ((4,5 - 1) / 4,5)$	6,7 MWh
Tapwaterverwarming	3,6 MWh	3,0	$Q_{tw} \times ((SPF - 1) / SPF)$ $3,6 \times ((3,0 - 1) / 3,0)$	2,4 MWh
Warmteonttrekking aan bodem				9,1 MWh
Koeling	3,0 MWh	20	$Q_k + (Q_k / SPF)$ $3,0 + (3,0 / 20)$	3,2 MWh
Warmtetoevoer aan bodem				3,2 MWh
Jaarlijkse netto warmteonttrekking = Warmteonttrekking aan bodem - Warmtetoevoer aan bodem				5,9 MWh

Minimaal benodigde diepte van de boorgaten (regel 9)

Voor dit voorbeeld blijkt uit de in Bijlage 2 van dit bodemenergieplan dat voor het desbetreffende kavel een maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter aangeboorde bodemdiepte geldt van 52 kWh/m. Bij een boordiepte van 125 m houdt dit in dat de maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking op het desbetreffende kavel 6,4 MWh bedraagt. Op basis van deze maximale netto warmteonttrekking per meter, bedraagt de minimaal aan te boren bodemdiepte ter voorkoming van te grote interferentie naar de omgeving: 115 m-mv (5.900 kWh / 52 kWh/m).

Ontwerp gesloten bodemenergiesysteem (regels 10 en 11)

De minimale diepte van de boorgaten is niet altijd gelijk aan de totaal benodigde boorgat lengte volgens regel 9. 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 °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 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 bijlage 2 van dit bodemenergieplan. Deze temperatuurdaling dient in mindering te worden gebracht op de natuurlijke gemiddelde bodemtemperatuur.

De natuurlijke gemiddelde temperatuur van de bodem is afhankelijk van de aan te boren diepte en is tot 125 m-mv 11,5 °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:

$$T_{\text{bodem met correctie}} = T_{\text{input EED}} = T_{\text{bodem natuurlijk}} - T_{\text{correctie}}$$

De resultaten van de berekeningen met Earth Energy Designer (EED) laten zien dat met één boorgat tot 115 m diepte de temperatuur van de circulatievloeistof in de retourbuis lager is dan $-3,0^{\circ}\text{C}$. Daarna is de temperatuur van de circulatievloeistof in de retourbuis bepaald op een diepte van 125 m-mv, ook deze temperatuur is lager is dan $-3,0^{\circ}\text{C}$. Dit houdt dus in dat voor dit systeem een extra boorgat met een bodemlus in de bodem tot minimaal 115 m-mv moet worden voorzien.

De voor dit voorbeeld uitgevoerde Earth Energy Designer berekening laat zien dat de minimale gemiddelde temperatuur van de circulatievloeistof bij twee boorgaten tot 125 of 115 m na 25 jaar daalt tot $+0,4^{\circ}\text{C}$. Met een temperatuurverschil over de verdamper van de warmtepomp van 4°C , resulteert dit in een minimale temperatuur van de circulatievloeistof van $-1,6^{\circ}\text{C}$. Deze is als volgt berekend:

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

De minimale temperatuur van de circulatievloeistof is hoger dan -3°C , waardoor wordt voldaan aan de algemene regel van de minimale temperatuur van de circulatievloeistof van -3°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:

$$T_{\text{bodem met correctie}} = T_{\text{input EED}} = 11,4 - 2,0 = 9,4^{\circ}\text{C}$$

Conclusie

Het uiteindelijke resultaat is dat voor dit kavel een gesloten bodemenergiesysteem moet worden toegepast dat bestaat uit twee boorgaten met een bodemdiepte van 114 m-mv. De regel met betrekking tot het ontwerp is in deze situatie leidend boven de regel met betrekking tot interferentie.

Advies kan zijn om in plaats van 2 boorgaten tot 114 m-mv, welke zijn berekend om te voldoen aan de ontwerpcondities, 2 boorgaten te realiseren van 125 m-mv. Hierdoor wordt de temperatuur van de circulatievloeistof in de retourbuis minimaal $1,2^{\circ}\text{C}$. Het gevolg is dat dit systeem een kleinere temperatuurdaling bij nabijgelegen systemen veroorzaakt. Dit is een positief effect en gunstig voor het rendement van het eigen systeem en nabij gelegen systemen.

5.3 VOORBEELD 2 - KLEINE WONING

Gegevens woning met warmtepomp en gesloten bodemenergiesysteem

Voor ruimte- en tapwaterverwarming en het koelen van een woning met een kaveloppervlakte van circa 150 m² (nummer 14) wordt een elektrische combiwarmtepomp met een gesloten bodemenergiesysteem toegepast. Uit de SPF-berekening van de installateur blijkt bijvoorbeeld: De warmtevraag van de woning (het bouwwerk) voor ruimte- en tapwaterverwarming bedraagt 4,0 respectievelijk 1,9 MWh per jaar. De gemiddelde SPF van de warmtepomp bedraagt 4,5 voor ruimteverwarming en 3,0 voor tapwaterverwarming. De koudevraag (van het bouwwerk) bedraagt 1,7 MWh per jaar met een SPF van 20 voor de circulatiepomp.

Voor het kavel geldt volgens Bijlage 2 in dit bodemenergieplan een maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter aangeboorde bodemdiepte van 36,0 kWh/m en een temperatuurcorrectie van 3,3°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, Tabel 5.3. Zie ook de rekensheet in Bijlage 3.

Tabel 5.3 | Berekening jaarlijkse netto warmteonttrekking aan bodem

	Bouwwerk	SPF	Berekening	Bodemzijdig
Ruimteverwarming	4,0 MWh	4,5	$Q_{rv} \times ((SPF - 1) / SPF)$ $4,0 \times ((4,5 - 1) / 4,5)$	3,1 MWh
Tapwaterverwarming	1,9 MWh	3,0	$Q_{tw} \times ((SPF - 1) / SPF)$ $1,9 \times ((3,0 - 1) / 3,0)$	1,3 MWh
Warmteonttrekking aan bodem				4,4 MWh
Koeling	1,7 MWh	20	$Q_k + (Q_k / SPF)$ $1,7 + (1,7 / 20)$	1,8 MWh
Warmtetoevoer aan bodem				1,8 MWh
Jaarlijkse netto warmteonttrekking = Warmteonttrekking aan bodem - Warmtetoevoer aan bodem				2,6 MWh

Minimaal benodigde diepte van de boorgaten (regel 9)

Voor dit voorbeeld blijkt uit de in Bijlage 2 van dit bodemenergieplan dat voor het desbetreffende kavel een maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter aangeboorde bodemdiepte geldt van 36,0 kWh/m. Bij een boordiepte van 125 m houdt dit in dat de maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking op het desbetreffende kavel 4,6 MWh 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: 72 m-mv (2.600 kWh/36,0 kWh/m).

Ontwerp gesloten bodemenergiesysteem (regels 10 en 11)

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°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 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 EED laten zien dat met één boorgat tot 72 m-mv de retourtemperatuur daalt tot onder -3°C . Er wordt dus niet voldaan aan deze algemene regel.

Als eerste stap wordt met EED berekend welke diepte hiervoor wel nodig is. Uit de EED berekening volgt dat met één boorgat tot een diepte van 125 m kan worden volstaan. De voor dit voorbeeld uitgevoerde Earth Energy Designer berekening laat zien dat de minimale gemiddelde temperatuur van de circulatievloeistof bij één boorgat tot 125 m na 25 jaar daalt tot $-1,0^{\circ}\text{C}$. Met een temperatuurverschil over de verdamper van de warmtepomp van 4°C , resulteert dit in een minimale temperatuur van de circulatievloeistof van $-3,0^{\circ}\text{C}$. Deze is als volgt berekend:

$$T_{\text{gem, circulatievloeistof}} - (\Delta T_{\text{verdamper}} / 2) = -1,0^{\circ}\text{C} - (4,0 / 2) = -3,0^{\circ}\text{C}$$

De minimale temperatuur van de circulatievloeistof is dus gelijk aan -3°C , waardoor wordt voldaan aan de algemene regel van de minimale temperatuur van de circulatievloeistof van -3°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:

$$T_{\text{bodem met correctie}} = T_{\text{input EED}} = 11,5 - 3,3 = 8,2^{\circ}\text{C}$$

Conclusie

Het uiteindelijke resultaat is dat voor dit kavel voor deze woning met de weergegeven energievragen een gesloten bodemenergiesysteem moet worden toegepast dat bestaat uit één boorgat met een bodemdiepte van 125 m. Ook in deze situatie is de regel met betrekking van het ontwerp dus leidend ten opzichte van de interferentie regel.

Opgemerkt wordt nog dat het niet is toegestaan om in deze situatie twee boorgaten tot 65 m-mv toe te passen.

5.4

WARMTEVRAAG WONING GROTER DAN MAXIMALE NETTO JAARLIJKSE WARMTELEVERING BODEM

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

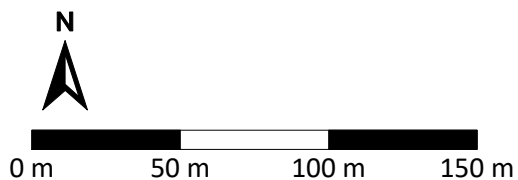
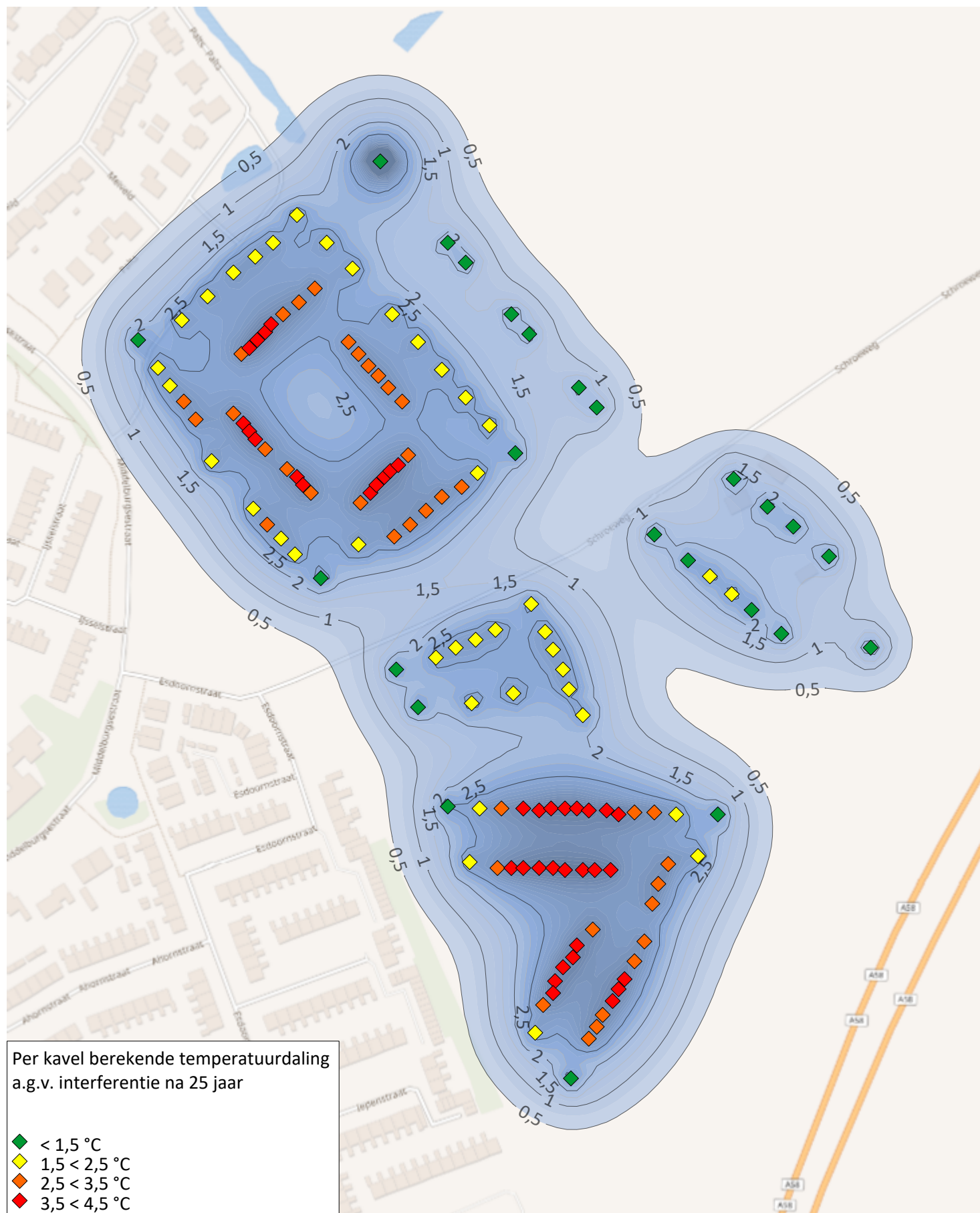
boorgaten op het kavel om de netto warmteonttrekking per meter boorgat per kavel te verdubbelen. De netto warmteonttrekking geldt per kavel.

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 gelijk is aan de maximale jaarlijkse netto warmtelevering van de bodem.

Bijlage 1 Berekende temperatuurdaling na 25 jaar en temperatuurdaling door interferentie



Project: Souburg Noord fase 2 en 3 te Vlissingen

Datum: A: 2-9-2020
B:

Onderwerp: Thermische beïnvloeding na 25 jaar

Bijlage: 1

Stadium: bodemenergieplan

Referentie: 69394/SV

Getek.: J. van Duren

Form.: A4



Bijlage 2 Maximale warmteonttrekking en temperatuurcorrectie per kavel

Souburg Noord fase 2 en 3, Vlissingen

2-9-2020

Kavelnummer	Maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter bodemdpte	Maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking tot 125 m bodemdpte	Temperatuurcorrectie door interferentie
	kWh/m	MWh	°C
1	55	6,9	1,2
2	54	6,8	1,9
3	54	6,8	2,1
4	54	6,7	2,2
5	46	5,7	2,4
6	45	5,6	2,2
7	52	6,5	1,7
8	52	6,5	2,1
9	52	6,5	2,0
10	45	5,6	2,0
11	45	5,6	2,3
12	46	5,7	2,5
13	46	5,8	2,5
14	36	4,5	3,3
15	35	4,4	3,7
16	35	4,4	3,8
17	35	4,4	3,9
18	36	4,5	3,8
19	42	5,3	3,4
20	44	5,5	3,1
21	44	5,5	2,8
22	39	4,9	3,1
23	34	4,3	3,6
24	34	4,3	3,7
25	35	4,3	3,6
26	40	4,9	3,2
27	55	6,9	1,9
28	44	5,5	2,3
29	44	5,5	2,5
30	44	5,5	2,4
31	44	5,5	2,2
32	55	6,8	1,4
33	35	4,3	3,3
34	34	4,2	3,5
35	34	4,2	3,6
36	34	4,2	3,3
37	58	7,2	2,3
38	39	4,8	3,4
39	34	4,2	4,0
40	33	4,1	4,2
41	33	4,1	4,3
42	33	4,1	4,2
43	33	4,1	3,9
44	38	4,8	3,2
45	42	5,3	2,7
46	43	5,4	2,9
47	44	5,4	3,0
48	44	5,5	2,8
49	43	5,3	2,5
50	43	5,4	2,2
51	53	6,6	1,3
52	53	6,6	1,8
53	53	6,6	1,9
54	52	6,4	2,1

Kavelnummer	Maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter bodemdiepte	Maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking tot 125 m bodemdiepte	Temperatuurcorrectie door interferentie
	kWh/m	MWh	°C
55	51	6,4	2,1
56	51	6,4	2,0
57	39	4,8	2,7
58	36	4,5	3,0
59	36	4,5	3,1
60	36	4,5	3,1
61	36	4,5	3,0
62	40	5,0	2,7
63	297	37,2	0,3
64	43	5,4	1,0
65	43	5,4	1,0
66	43	5,4	1,0
67	43	5,4	0,9
68	43	5,4	0,8
69	43	5,4	0,6
70	54	6,8	1,1
71	44	5,5	1,9
72	44	5,5	2,2
73	44	5,5	2,3
74	44	5,5	2,1
75	54	6,7	1,5
76	45	5,6	2,1
77	45	5,6	2,3
78	45	5,6	2,2
79	45	5,7	2,0
80	50	6,3	1,5
81	57	7,1	1,9
82	52	6,5	1,7
83	52	6,6	1,2
84	53	6,6	1,4
85	44	5,5	2,4
86	44	5,5	3,0
87	42	5,3	3,5
88	37	4,6	4,0
89	38	4,8	4,1
90	38	4,8	4,2
91	36	4,4	4,2
92	38	4,8	4,0
93	38	4,8	3,8
94	37	4,6	3,8
95	42	5,3	3,3
96	44	5,5	2,8
97	44	5,5	2,3
98	58	7,3	1,1
99	54	6,8	1,9
100	40	5,0	3,0
101	37	4,6	3,7
102	40	5,0	3,9
103	40	5,0	4,1
104	37	4,6	4,4
105	40	5,0	4,3
106	40	5,0	4,3
107	37	4,6	4,3
108	44	5,5	3,8
109	45	5,6	2,0
110	50	6,3	2,8

Kavelnummer	Maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter bodemdiepte	Maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking tot 125 m bodemdiepte	Temperatuurcorrectie door interferentie
	kWh/m	MWh	°C
111	49	6,2	2,9
112	47	5,8	2,8
113	47	5,9	3,3
114	39	4,9	3,7
115	37	4,7	3,9
116	39	4,9	3,7
117	39	4,9	3,6
118	37	4,7	3,5
119	42	5,2	2,8
120	49	6,2	1,8
121	44	5,5	2,7
122	45	5,6	3,0
123	39	4,9	3,5
124	36	4,5	3,7
125	39	4,9	3,5
126	39	4,9	3,4
127	36	4,5	3,2
128	43	5,4	2,6
129	59	7,4	1,0
130	61	7,6	0,7
131	49	6,2	1,3
132	49	6,1	1,6
133	49	6,1	1,6
134	49	6,2	1,4
135	58	7,3	0,8
136	62	7,7	0,7
137	53	6,6	1,2
138	53	6,6	1,2
139	64	8,0	0,7
140	71	8,9	0,2

	kWh/m	MWh	°C
Gemiddeld	46,0	5,8	2,6
Minimaal	33,0	4,1	0,2
Maximaal	297,5	37,2	4,4





Bijlage 3 Documenten voorbeeldberekeningen

Voorbeeld 1

NOTITIES VOOR PROJECT

-Vlissingen Kaveloppervlak: 570 m²
-Souborg Noord kavelnummer 9
-Tbodem = 11.4 - 2.0 = 9.4

Samenvatting

Aantal boringen	2
Boorgatdiepte	115 m
Totale boordiepte	230 m

ONTWERPGEGEVENS

=====

BODEM

Warmtegeleidingsvermogen bodem	2,25 W/(m·K)
Warmtecapaciteit bodem	2,45 MJ/(m ³ ·K)
Temperatuur aardoppervlak	9,4 °C
Geothermische warmtestroom	0 W/m ²

BOORGAT EN BODEMWARMTEWISSELAAR

Opstellingsvorm	1 ("2 : 1 x 2 line")
Boorgatdiepte	115 m
Tussenafstand boorgaten	8 m
Type bodemwarmtewisselaar	Enkel-U
Boorgatdiameter	140 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	88 mm
Warmtegeleidingsvermogen vulmateriaal	2,05 W/(m·K)
Overgangsweerstand buis/vulmateriaal	0,002 (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	0,21 l/s

BASISVERMOGEN

Jaarlijks warmwatergebruik	3,6 MWh
Jaarlijks warmtevraag	8,6 MWh
Jaarlijks koelvraag	3 MWh

Seasonal performance factor (WW)	3
Seasonal Performance Factor (verwarming)	4,5
Seasonal Performance Factor (koeling)	20

Maandelijks energieprofiel [MWh]

Maand	Factor	Verwarmingsvermogen		factor	Koelvermogen	Bodemvermogen
JAN	0,155	1,63	0	0	1,24	
FEB	0,148	1,57	0	0	1,19	
MRT	0,125	1,38	0	0	1,04	
APR	0,099	1,15	0,05	0,15	0,7	
MEI	0,064	0,85	0,1	0,3	0,31	
JUN	0	0,3	0,2	0,6	-0,43	
JUL	0	0,3	0,25	0,75	-0,59	
AUG	0	0,3	0,25	0,75	-0,59	
SEP	0,061	0,82	0,1	0,3	0,29	
OKT	0,087	1,05	0,05	0,15	0,62	
NOV	0,117	1,31	0	0	0,98	
DEC	0,144	1,54	0	0	1,16	
	-----	-----	-----	-----	-----	
Totaal	1	12,2	1	3	5,94	

PIEKVERMOGEN

Maandelijkse piekvermogens [kW]

Maand	Piek verwarmen	Duur	Piek koelen	Duur [h]
JAN	8,5	4	0	0
FEB	8,5	4	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	0	0
AUG	0	0	0	0
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 230 m

THERMISCHE WEERSTAND

Thermische weerstand boorgat intern 0,72 (m·K)/W

Reynoldsgetal 1659

Thermische weerstand medium / buis 0,1658 (m·K)/W

Thermische weerstand buismateriaal 0,07752 (m·K)/W

Contact weerstand buis / vulmateriaal 0,002 (m·K)/W

Boorgat thermische weerstand medium / grond 0,1631 (m·K)/W

Effectieve thermische weerstand boorgat 0,1718 (m·K)/W

SPECIFIEKE WARMTEONTTREKKING [W/m]

Maand	Basisvermogen		Piekvermogen verwarming
JAN	7,37	28,7	0
FEB	7,09	28,7	0
MRT	6,17	0	0
APR	4,2	0	0
MEI	1,86	0	0
JUN	-2,56	0	0
JUL	-3,5	0	0
AUG	-3,5	0	0
SEP	1,75	0	0
OKT	3,72	0	0
NOV	5,85	0	0
DEC	6,93	0	0

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

Jaar	1	2	5	10	25
JAN	9,4	5,97	5,72	5,58	5,44
FEB	9,4	6	5,75	5,61	5,47
MRT	9,4	6,32	6,08	5,94	5,8
APR	9,4	7,12	6,89	6,75	6,61
MEI	9,4	8,13	7,9	7,77	7,63
JUN	9,4	10,1	9,84	9,71	9,57
JUL	9,4	10,6	10,4	10,3	10,1
AUG	9,4	10,7	10,5	10,4	10,3
SEP	8,67	8,59	8,4	8,28	8,15
OKT	7,79	7,69	7,51	7,39	7,25
NOV	6,81	6,7	6,53	6,41	6,28
DEC	6,25	6,14	5,97	5,85	5,72

BASISVERMOGEN: JAAR 25

Minimum gemiddelde medium temperatuur 5,44 °C Aan het einde van JAN

Maximum gemiddelde medium temperatuur 10,3 °C Aan het einde van AUG

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

Jaar	1	2	5	10	25
JAN	9,4	0,93	0,68	0,54	0,4
FEB	9,4	0,89	0,64	0,51	0,37
MRT	9,4	6,32	6,08	5,94	5,8
APR	9,4	7,12	6,89	6,75	6,61
MEI	9,4	8,13	7,9	7,77	7,63
JUN	9,4	10,1	9,84	9,71	9,57
JUL	9,4	10,6	10,4	10,3	10,1
AUG	9,4	10,7	10,5	10,4	10,3
SEP	8,67	8,59	8,4	8,28	8,15
OKT	7,79	7,69	7,51	7,39	7,25
NOV	6,81	6,7	6,53	6,41	6,28
DEC	6,25	6,14	5,97	5,85	5,72

PIEKVERMOGEN VERWARMEN: JAAR 25

Minimum gemiddelde medium temperatuur 0,37 °C Aan het einde van FEB

Maximum gemiddelde medium temperatuur 10,3 °C Aan het einde van AUG

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

Jaar	1	2	5	10	25
JAN	9,4	5,97	5,72	5,58	5,44
FEB	9,4	6	5,75	5,61	5,47
MRT	9,4	6,32	6,08	5,94	5,8
APR	9,4	7,12	6,89	6,75	6,61
MEI	9,4	8,13	7,9	7,77	7,63
JUN	9,4	10,1	9,84	9,71	9,57
JUL	9,4	10,6	10,4	10,3	10,1
AUG	9,4	10,7	10,5	10,4	10,3
SEP	8,67	8,59	8,4	8,28	8,15
OKT	7,79	7,69	7,51	7,39	7,25
NOV	6,81	6,7	6,53	6,41	6,28
DEC	6,25	6,14	5,97	5,85	5,72

PIEKVERMOGEN KOELING: JAAR 25

Minimum gemiddelde medium temperatuur 5,44 °C Aan het einde van JAN

Maximum gemiddelde medium temperatuur 10,3 °C Aan het einde van AUG

Souborg Noord - te Vlissingen

Rekensheet behorende bij bodemenergieplan

Versie: 69394/SV/20201126

Naam:	Voorbeeldberekening
Straat:	Souborg Noord
Huisnr.	Kavel 9
Datum:	26 november 2020
Opmerking:	

	Bouwwerk	SPF	Elektra	Bodem
- Warmtelevering ruimteverwarming	8,600 MWh	4,5	1,911 MWh _e	6,689 MWh
- Warmtelevering tapwaterverwarming	3,600 MWh +	3,0	1,200 MWh _e +	2,400 MWh +
Totaal	12,200 MWh		3,111 MWh _e	9,089 MWh
- Koudelevering / aanvullend warmte laden	3,000 MWh +	20	0,150 MWh _e +	3,150 MWh +
Totaal	3,000 MWh		0,150 MWh _e	3,150 MWh

Jaarlijkse totalen en SPFBES	
- Jaarlijkse warmte- en koudelevering:	15,200 MWh
- Jaarlijks elektraverbruik:	3,261 MWh _e
- Jaarlijkse netto warmteonttrekking aan de bodem:	5,939 MWh
- Seasonal Performance Factor bodemenergiesysteem (SPFBES):	4,7

Minimaal aan te boren bodemdiepte (conform regel 7)	
- Jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter bodemdiepte voor dit kavel (volgens bijlage 2):	52,0 kWh/m
- Temperatuurdaling ten gevolge van interferentie voor dit kavel (volgens bijlage 2):	2,0 °C
- Berekende minimaal aan te boren bodemdiepte:	115 m-mv
- Berekende gemiddelde bodemtemperatuur vanaf maaiveld tot aan minimaal aan te boren bodemdiepte:	9,4 °C

Ontwerp gesloten systeem (conform regels 8 en 9)	
- Door de aannemer berekende minimale retourtemperatuur circulatievloeistof bij minimaal aan te boren diepte van 115 m-mv:	-5,3 °C
- Door de aannemer herberekend gesloten systeem (minimale retourtemperatuur -3,0°C) bestaat uit:	
- Minimale retourtemperatuur circulatievloeistof:	-1,5 °C
- Diepte boorgaten:	115 m-mv
- Aantal boorgaten:	2 #
- Met de berekeningen dient rekening gehouden te worden met een gemiddelde bodemtemperatuur tussen maaiveld en de einddiepte van de boorgaten op 115 m-mv van:	9,4 °C

Opmerkingen / aantekeningen

Voorbeeld 2

NOTITIES VOOR PROJECT

-Vlissingen Kaveloppervlak: 150
-Souborg Noord kavel 14
-Tbodem = $11.5 - 3.3 = 8.2$

Samenvatting

Kosten	-
Aantal boringen	1
Boorgatdiepte	125 m
Totale boordiepte	125 m

ONTWERPGEGEVENS =====

BODEM

Warmtegeleidingsvermogen bodem	2,25 W/(m·K)
Warmtecapaciteit bodem	2,45 MJ/(m ³ ·K)
Temperatuur aardoppervlak	8,2 °C
Geothermische warmtestroom	0 W/m ²

BOORGAT EN BODEMWARMTEWISSELAAR

Opstellingsvorm	0 ("1 : single")
Boorgatdiepte	125 m
Tussenafstand boorgaten	0 m
Type bodemwarmtewisselaar	Enkel-U
Boorgatdiameter	140 mm
U-buis - buitendiameter	32 mm
U-buis - wanddikte	3 mm
U-buis - warmtegeleidingsvermogen	0,42 W/(m·K)
U-buis - onderlinge afstand U-benen	93 mm
Warmtegeleidingsvermogen vulmateriaal	2,05 W/(m·K)
Overgangsweerstand buis/vulmateriaal	0,002 (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	0,47 W/(m·K)
Specifieke warmtecapaciteit	3930 J/(Kg·K)
Dichtheid	1033 Kg/m ³
Viscositeit	0,0079 Kg/(m·s)
Vriespunt	-10 °C
Debiet per boorgat	0,25 l/s

BASISVERMOGEN

Jaarlijks warmwatergebruik	1,9 MWh
Jaarlijks warmtevraag	4 MWh
Jaarlijks koelvraag	1,7 MWh

Seasonal performance factor (WW)	3
Seasonal Performance Factor (verwarming)	4,5
Seasonal Performance Factor (koeling)	20

Maandelijks energieprofiel [MWh]

Maand	Factor	Verwarmingsvermogen	factor	Koelvermogen	Bodemvermogen
JAN	0,155	0,78	0	0,59	
FEB	0,148	0,75	0	0,57	
MRT	0,125	0,66	0	0,49	
APR	0,099	0,55	0,05	0,32	
MEI	0,064	0,41	0,1	0,13	
JUN	0	0,16	0,2	-0,25	
JUL	0	0,16	0,25	-0,34	
AUG	0	0,16	0,25	-0,34	
SEP	0,061	0,4	0,1	0,12	
OKT	0,087	0,51	0,05	0,29	
NOV	0,117	0,63	0	0,47	
DEC	0,144	0,73	0	0,55	
	-----	-----	-----	-----	-----
Totaal	1	5,9	1	1,7	2,59

PIEKVERMOGEN

Maandelijkse piekvermogens [kW]

Maand	Piek verwarmen	Duur	Piek koelen	Duur [h]
JAN	5	4	0	0
FEB	5	4	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	0	0
AUG	0	0	0	0
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 125 m

THERMISCHE WEERSTAND

Thermische weerstand boorgat intern 0,76 (m·K)/W

Reynoldsgetal 1601

Thermische weerstand medium / buis 0,1675 (m·K)/W

Thermische weerstand buismateriaal 0,07868 (m·K)/W

Contact weerstand buis / vulmateriaal 0,002 (m·K)/W

Boorgat thermische weerstand medium / grond 0,1705 (m·K)/W

Effectieve thermische weerstand boorgat 0,1771 (m·K)/W

SPECIFIEKE WARMTEONTTREKKING [W/m]

Maand	Basisvermogen		Piekvermogen verwarming
JAN	6,44	31,1	0
FEB	6,2	31,1	0
MRT	5,42	0	0
APR	3,55	0	0
MEI	1,38	0	0
JUN	-2,76	0	0
JUL	-3,73	0	0
AUG	-3,73	0	0
SEP	1,28	0	0
OKT	3,14	0	0
NOV	5,15	0	0
DEC	6,07	0	0

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

Jaar	1	2	5	10	25
JAN	8,2	5,2	5,09	5,03	4,97
FEB	8,2	5,23	5,13	5,07	5,01
MRT	8,2	5,53	5,42	5,36	5,3
APR	8,2	6,3	6,2	6,15	6,09
MEI	8,2	7,25	7,16	7,1	7,04
JUN	8,2	9,08	8,98	8,93	8,87
JUL	8,2	9,62	9,54	9,48	9,42
AUG	8,2	9,73	9,64	9,59	9,53
SEP	7,65	7,66	7,58	7,52	7,47
OKT	6,83	6,8	6,71	6,66	6,6
NOV	5,91	5,87	5,79	5,74	5,68
DEC	5,44	5,38	5,31	5,26	5,2

BASISVERMOGEN: JAAR 25

Minimum gemiddelde medium temperatuur 4,97 °C Aan het einde van JAN

Maximum gemiddelde medium temperatuur 9,53 °C Aan het einde van AUG

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

Jaar	1	2	5	10	25
JAN	8,2	-0,75	-0,86	-0,92	-0,98
FEB	8,2	-0,77	-0,87	-0,93	-0,99
MRT	8,2	5,53	5,42	5,36	5,3
APR	8,2	6,3	6,2	6,15	6,09
MEI	8,2	7,25	7,16	7,1	7,04
JUN	8,2	9,08	8,98	8,93	8,87
JUL	8,2	9,62	9,54	9,48	9,42
AUG	8,2	9,73	9,64	9,59	9,53
SEP	7,65	7,66	7,58	7,52	7,47
OKT	6,83	6,8	6,71	6,66	6,6
NOV	5,91	5,87	5,79	5,74	5,68
DEC	5,44	5,38	5,31	5,26	5,2

PIEKVERMOGEN VERWARMEN: JAAR 25

Minimum gemiddelde medium temperatuur-0,99 °C Aan het einde van FEB

Maximum gemiddelde medium temperatuur9,53 °C Aan het einde van AUG

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

Jaar	1	2	5	10	25
JAN	8,2	5,2	5,09	5,03	4,97
FEB	8,2	5,23	5,13	5,07	5,01
MRT	8,2	5,53	5,42	5,36	5,3
APR	8,2	6,3	6,2	6,15	6,09
MEI	8,2	7,25	7,16	7,1	7,04
JUN	8,2	9,08	8,98	8,93	8,87
JUL	8,2	9,62	9,54	9,48	9,42
AUG	8,2	9,73	9,64	9,59	9,53
SEP	7,65	7,66	7,58	7,52	7,47
OKT	6,83	6,8	6,71	6,66	6,6
NOV	5,91	5,87	5,79	5,74	5,68
DEC	5,44	5,38	5,31	5,26	5,2

PIEKVERMOGEN KOELING: JAAR 25

Minimum gemiddelde medium temperatuur4,97 °C Aan het einde van JAN

Maximum gemiddelde medium temperatuur9,53 °C Aan het einde van AUG

Souborg Noord - te Vlissingen

Rekensheet behorende bij bodemenergieplan

Versie: 69394/SV/20201126

Naam:	Voorbeeldberekening
Straat:	Souborg Noord
Huisnr.	Kavel 14
Datum:	26 november 2020
Opmerking:	

Gegevens woning / gebouw (bouwwerk)

	Bouwwerk	SPF	Elektra	Bodem
- Warmtelevering ruimteverwarming	4,200 MWh	4,5	0,933 MWh _e	3,267 MWh
- Warmtelevering tapwaterverwarming	1,900 MWh +	3,0	0,633 MWh _e +	1,267 MWh +
Totaal	6,100 MWh		1,567 MWh _e	4,533 MWh
- Koudelevering / aanvullend warmte laden	1,700 MWh +	20	0,085 MWh _e +	1,785 MWh +
Totaal	1,700 MWh		0,085 MWh _e	1,785 MWh

Jaarlijkse totalen en SPFBES

- Jaarlijkse warmte- en koudelevering:	7,800 MWh
- Jaarlijks elektraverbruik:	1,652 MWh _e
- Jaarlijkse netto warmteonttrekking aan de bodem:	2,748 MWh
- Seasonal Performance Factor bodemenergiesysteem (SPFBES):	4,7

Minimaal aan te boren bodemdiepte (conform regel 7)

- Jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter bodemdiepte voor dit kavel (volgens bijlage 2):	36,0 kWh/m
- Temperatuurdaling ten gevolge van interferentie voor dit kavel (volgens bijlage 2):	3,3 °C
- Berekende minimaal aan te boren bodemdiepte:	77 m-mv
- Berekende gemiddelde bodemtemperatuur vanaf maaiveld tot aan minimaal aan te boren bodemdiepte:	7,6 °C

Ontwerp gesloten systeem (conform regels 8 en 9)

- Door de aannemer berekende minimale retourtemperatuur circulatievloeistof bij minimaal aan te boren diepte van 77 m-mv:	-8,5 °C
- Door de aannemer herberekend gesloten systeem (minimale retourtemperatuur -3,0°C) bestaat uit:	
- Minimale retourtemperatuur circulatievloeistof:	-3,0 °C
- Diepte boorgaten:	125 m-mv
- Aantal boorgaten:	1 #
- Met de berekeningen dient rekening gehouden te worden met een gemiddelde bodemtemperatuur tussen maaiveld en de einddiepte van de boorgaten op 125 m-mv van:	8,2 °C

Opmerkingen / aantekeningen

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**