



**Besluit van het college van burgemeester en wethouders van de gemeente Amsterdam houdende beleidsregels over bodemenergie in de plangebieden Amstel III & Arenapoort (Bodemenergieplan Amstel III & Arenapoort)**

Het college van burgemeester en wethouders van Amsterdam,

gelet op artikel 4:81, eerste lid, van de Algemene wet bestuursrecht in samenhang met artikel 2.1, eerste lid, onder i, en artikel 2.4. eerste lid van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht en artikel 2.2a, zesde lid van het Besluit omgevingsrecht,

besluit de volgende beleidsregels vast te stellen:

**Bodemenergieplan Amstel III & Arenapoort**

**Artikel 1 Begrippen**

In deze beleidsregel wordt verstaan onder:

- a. gesloten bodemenergiesysteem: installatie waarmee, zonder grondwater te onttrekken en na gebruik in de bodem terug te brengen, gebruik wordt gemaakt van de bodem voor de levering van warmte of koude ten behoeve van de verwarming of koeling van ruimten in bouwwerken, door middel van een gesloten circuit van leidingen, met inbegrip van een bijbehorende warmtepomp circulatiepomp en regeneratievoorziening, voor zover aanwezig;
- b. interferentie: onderlinge thermische beïnvloeding van open en gesloten bodemenergiesystemen onderling, die kan leiden tot een hoger of lager rendement van een bodemenergiesysteem;
- c. interferentiegebied Amstel III & Arenapoort Amsterdam: het aangewezen gebied ter voorkoming van negatieve interferentie tussen gesloten of open bodemenergiesystemen onderling of anderszins ter bevordering van doelmatig gebruik van bodemenergie zoals bedoeld in art. 2.2b Besluit omgevingsrecht.
- d. omgevingsvergunning beperkte milieutoets gesloten bodemenergiesysteem: vergunning voor gesloten bodemenergiesystemen als bedoeld in artikel 2.2a lid 6 Besluit omgevingsrecht.
- e. open bodemenergiesysteem: installatie waarmee van de bodem gebruik wordt gemaakt voor de levering van warmte of koude ten behoeve van de verwarming of koeling van ruimten in bouwwerken, door grondwater te onttrekken en na gebruik in de bodem terug te brengen, met inbegrip van bijbehorende bronpompen en warmtewisselaar en, voor zover aanwezig, warmtepomp en regeneratievoorziening.

**Artikel 2 Reikwijdte**

Dit bodemenergieplan vormt het toetsingskader voor het bevoegd gezag dat vergunningaanvragen voor bodem energiesystemen in plangebieden Amstel III & Arenapoort behandelen.

**Artikel 3 Inwerkingtreding**

Deze beleidsregel treedt in werking de dag na bekendmaking.

**Artikel 4 Citeertitel**

Deze beleidsregel wordt aangehaald als *Bodemenergieplan Amstel III & Arenapoort*.

Aldus vastgesteld in de vergadering van 7 februari 2023.

*De burgemeester*  
*Femke Halsema*

*De gemeentesecretaris*  
*Peter Teesink*

**Bijlage: Bodemenergieplan Amstel III & Arenapoort**

# **Bodemenergieplan Amstel III en Arenapoort**

# Inhoud

## **1 Inleiding**

- 1.1 Aanleiding
- 1.2 Doelstelling
- 1.3 Belangrijkste conclusie
- 1.4 Interferentiegebied
- 1.5 Leeswijzer

## **2 Ordeningsregels**

- 2.1 Toepassingsgebied
- 2.2 Open bodemenergiesystemen
- 2.3 Gesloten bodemenergiesystemen

## **3 Algemene toelichting ontwerpprincipes**

- 3.1 Open en gesloten bodemenergiesystemen
- 3.2 Monobron en doublet
- 3.3 Afstand tussen de bronnen
- 3.4 Verhouding tussen de filterlengte en de thermische straal
- 3.5 Productiviteit
- 3.6 Benuttingsgraad
- 3.7 Monovalent/ bivalent systeem
- 3.8 Collectieve systemen

## **4 Beleid en regelgeving**

## **5 Omgevingsaspecten**

- 5.1 Maaiveldhoogte
- 5.2 Grondonderzoek en bodemschematisatie
- 5.3 Oppervlaktewater en datacenters
- 5.4 Grondwater
- 5.5 Grondwaterkwaliteit
- 5.6 Aanwezige en toekomstige belangen in en om het gebied

## **6 Energiebehoefte plangebied**

- 6.1 Warmte en koude vraag
- 6.2 Maximale en seizoensdebieten

## **7 Potentie bodemenergie**

- 7.1 Maximaal beschikbare capaciteit van de ondergrond
- 7.2 Type bronnen

- 7.3 Bivalent systeem
- 7.4 Collectief systeem
- 7.5 Vergelijking van de concepten

## **8 Conclusies en aanbevelingen**

- 8.1 Conclusies
- 8.2 Aanbevelingen

## **Bronnen**

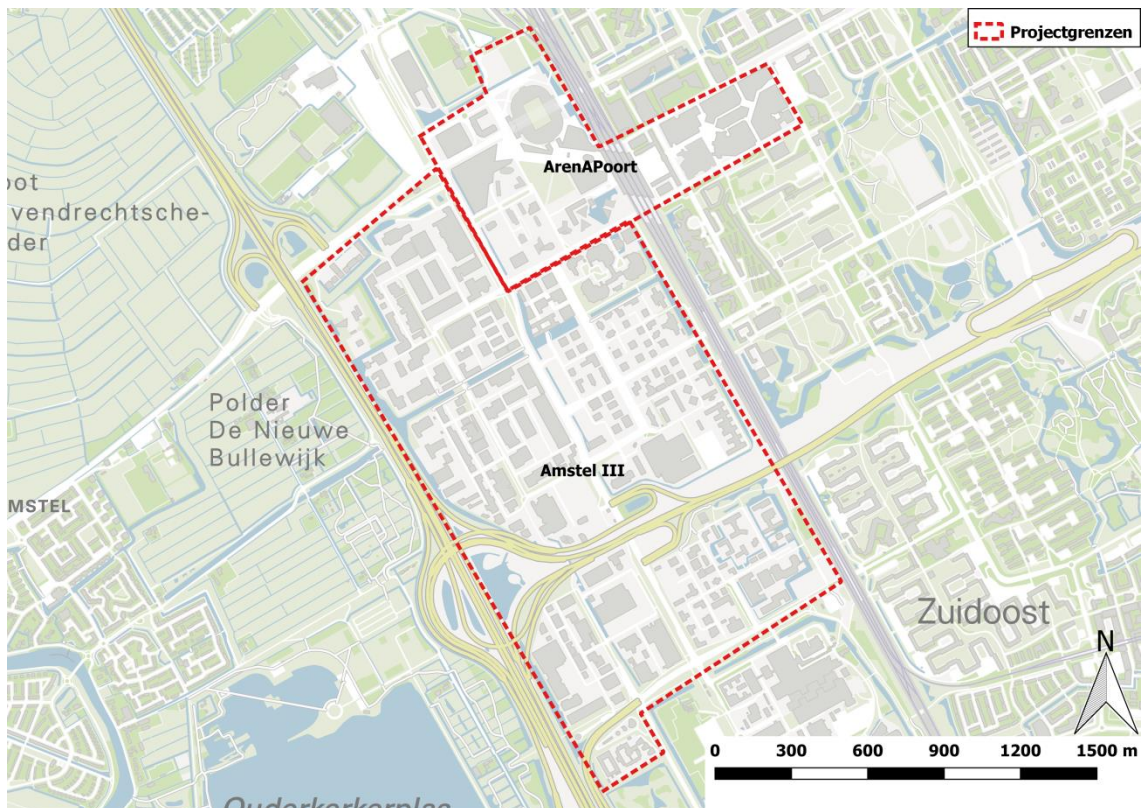
### **Bijlage(n)**

- Bijlage 1 - Kaart interferentiegebied
- Bijlage 2 - Plankaart
- Bijlage 3 - Stroomschema besluiten m.b.t. bodemenergiesystemen
- Bijlage 4 - Processchema toepassen van WKO in de openbare ruimte

# 1. Inleiding

## a. Aanleiding

Het gebied Arenapoort en Amstel III (zie Figuur Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document.-1) is wat betreft bedrijvigheid en werkgelegenheid een van de belangrijkste locaties van Amsterdam. Bovendien heeft het een belangrijke regionale en zelfs landelijke functie. Arenapoort en Amstel III is zeer in trek als vestigingslocatie voor kantoren en bedrijven en heeft op dit moment 50.000 arbeidsplaatsen. Voor bewoners, bezoekers en gebruikers biedt het winkel- en uitgaansvoorzieningen. Het gebied rond de Johan Cruijff Boulevard herbergt de grootste entertainmentlocatie van Nederland. Er komen maar liefst zestien miljoen bezoekers per jaar waarvan er negen miljoen hier uitgaan en winkelen. Er zijn volop kansen in de vorm van werkgelegenheid, stages en opleidingen. Het gebied grenst aan de A2 en strekt zich uit vanaf het AMC tot achter de Amsterdam ArenA. Het spoor vormt aan de andere kant van het gebied de grens met de overige woongebieden van Zuidoost.



Figuur Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document.-1 Projectlocatie (de grenzen zijn een benadering, in de toekomst kunnen de GREX grenzen veranderen)

Arenapoort en Amstel III gaat de komende jaren transformeren naar een woon-werkgebied, waar het nu vooral een werkgebied is. Een van de opties voor duurzame energievoorziening in het

gebied is aanleg van Open Bodemenergiesystemen (OBES). Indien alle voorziene gebouwen een individueel OBES willen realiseren ontstaat mogelijk ruimtegebrek in de ondergrond waardoor niet alle projecten kunnen worden gerealiseerd (met OBES). Zonder regie is het waarschijnlijk dat er niet optimaal gebruik wordt gemaakt van het beschikbare potentieel aan bodemenergie. Met als gevolg dat er geen optimale invulling wordt gegeven aan de bodempotentie die aanwezig is.

## **b. Doelstelling**

Het doel van dit bodemenergieplan is de toepassing van toekomstige bodemenergiesystemen (BES) in het projectgebied te sturen en daarmee te komen tot een hogere benuttingsgraad dan in het geval dat geen ordeningsregels worden gesteld. Het bodemenergieplan is bedoeld als leidraad en toetsingskader voor ontwerpers van BES, ontwerpers van de openbare ruimte (kabels en leidingen en maaiveld) en vergunningverlenende instanties.

Om te bepalen welke rol bodemenergie kan spelen in de duurzame energie voorziening van het gebied zijn de volgende aspecten onderzocht:

1. Toekomstige energievraag op basis van de verwachte gebiedsontwikkeling.
2. Eigenschappen de lokale bodemopbouw.
3. In hoeverre OBES kan voorzien in de verwachte energievraag en hoe dit afhangt van verschillende ontwerpkeuzes.
4. In welke mate aanvullend beleid nodig is om optimaal gebruik van de ondergrond te waarborgen.

## **c. Belangrijkste conclusie**

Uit de verkenning in deze studie blijkt dat er in principe genoeg ruimte is in de ondergrond om het geplande bouwprogramma te realiseren met OBES. Op basis van de benodigde benuttingsgraad wordt echter wel verwacht dat aanvullend beleid (ordering) nodig is om de bodempotentie optimaal te kunnen benutten. De voorgestelde ordeningsregels zijn opgenomen in Hoofdstuk 2.

## **d. Interferentiegebied**

Na het vaststellen van het gebied Amstelveen en Arenapoort als interferentiegebied zijn alle vormen van bodemenergie (open en gesloten) vergunningsplichtig. De grenzen van het interferentiegebied zijn aangegeven op de kaart in bijlage 1.

## **e. Leeswijzer**

Hoofdstuk 2 bevat de voorgestelde ordeningsregels voor het toepassen van open en gesloten bodemenergiesystemen. In de hoofdstukken 3 en 4 wordt een algemene toelichting gegeven op

de verschillende typen bodemenergiesystemen en de voor bodemenergieplannen relevante wet en regelgeving. Vervolgens wordt in hoofdstukken 5 t/m 8 verkend wat de toekomstige energievraag is en op wat voor manier hier door middel van bodemenergie invulling aan gegeven kan worden. Deze verkenning vormt de basis voor de in hoofdstuk 2 genoemde ordeningsregels.



## 2. Ordeningsregels

Als uitgangspunt voor het opstellen van de ordeningsregels wordt op basis van de verkenning in deze rapportage en de inventarisatie van IF-technology [13] met name ingezet op het toepassen van open bodemenergiesystemen van het type doublet. Het derde watervoerend pakket (NAP -70 m tot NAP -180 m) is het meest geschikt voor het toepassen van open bodemenergiesystemen met een grote capaciteit. Het is echter niet uitgesloten dat voor bepaalde toepassingen andere vormen van bodemenergie (zoals gesloten systemen of monobronnen) meer geschikt zijn. Derhalve worden deze systemen binnen het interferentiegebied niet verboden. Wel zijn regels opgesteld zodat deze de grootschalige ontwikkeling van doublet-systemen niet in de weg zitten.

Deze regels leggen bepaalde voorwaarden op aan de toepassing van de verschillende vormen van bodemenergie. Alle ontwikkelende partijen die in het gebied een systeem met bodemenergie toepassen, dienen zich te houden aan deze gebruiksregels. De gebruiksregels bestaan uit regels voor gesloten systemen en regels voor open systemen.

### a. Toepassingsgebied

De in dit plan gestelde ordeningsregels hebben betrekking op het plangebied zoals aangegeven in de kaart in bijlage 2. Om te voorkomen dat het gebruik van de zoekgebieden voor warme en koude bronnen negatief beïnvloed wordt door systemen die net buiten het plangebied worden gerealiseerd, is een bufferzone opgenomen. In de bufferzone dienen systemen aan te sluiten bij de vastgestelde zoekgebieden voor koude en warme bronnen. Voor de Bedrijvenstrook (zie Figuur Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document.-8) worden (vooralsnog) geen aanvullende gebruiksregels opgesteld.

### b. Open bodemenergiesystemen

#### i. Doublet systemen

De onderstaande regels gelden voor de bronnen van doublet systemen voor zover deze gerealiseerd worden in het derde watervoerende pakket (tussen NAP -70 m en NAP -190 m). Voor bronnen in minder diepe of diepere lagen geldt dat deze geen nadelige invloed mogen hebben op de bruikbaarheid van het strokenpatroon (zie bijlage 2) voor het realiseren van doubletsystemen van toekomstige ontwikkelingen.

1. De bronnen dienen te worden gepositioneerd binnen de daarvoor bestemde zones. De zones zijn op de kaart in bijlage 2 aangegeven als rode (voor de warme bronnen) en blauwe (voor de

koude bronnen) stroken. Daarbij moeten de bronnen minimaal 1 thermische straal van de thermische scheidslijn worden geplaatst.

2. Voor de bronnen binnen een strook geldt een gewenste afstand van minimaal een halve thermische straal (bij een kleinere afstand neemt het gezamenlijk thermisch invloedsgebied toe zodat daarmee de bruikbaarheid van de naastgelegen stroken wordt beperkt).
3. Bronnen moeten hun capaciteit ontlenen aan een zo groot mogelijk deel van het opslagpakket. Hiertoe moet circa 50 meter of meer filter per bron geplaatst worden.
4. Het OBES bereikt uiterlijk vijf jaar na de datum van ingebruikname een moment waarop de koude, die vanaf de datum van ingebruikneming door het systeem aan de bodem is toegevoegd, gelijk is aan de hoeveelheid warmte, die vanaf die datum door het systeem aan de bodem is toegevoegd. Het systeem herhaalt dit telkens uiterlijk vijf jaar na het laatste moment waarop die situatie werd bereikt.
5. De bronnen dienen bij voorkeur op de eigen kavel te worden aangebracht. Voor plaatsing van bronnen buiten de eigen kavel zijn specifieke afspraken met de gemeente/grondeigenaar noodzakelijk (o.a. opstalrecht, wior vergunning). Dit geldt ook voor het bijbehorend leidingwerk. In bijlage 4 is het processchema opgenomen voor het gebruik van de openbare ruimte voor bronnen en leidingwerk.
6. Voor het dimensioneren en positioneren van de bronnen moet er rekening gehouden worden met een invloed op de stijghoogte van minimaal 2,5 m door andere (toekomstige) bronnen.
7. Afwijkingen op deze gebruiksregels dienen met gedegen en voldoende onderbouwing ter goedkeuring aan de vergunningverlener te worden voorgelegd.

## ii. Monobronnen

8. Monobronnen kunnen worden ingepast indien middels een berekening wordt aangetoond dat de monobron geen nadelige invloed heeft op aanwezige of toekomstige belangen op de aangrenzende kavels. Monobronnen kunnen op twee manieren worden ingepast:
  - a. tussen een warme en koude strook, waarbij het monobronstelsel aantoonbaar geen negatief effect heeft op aanwezige en toekomstige doubletten in de stroken.
  - b. In een koude of warme strook. Hierbij geldt als voorwaarde dat het bovenste filter van hetzelfde type (warm of koud) dient te zijn als de strook waarin deze geplaatst wordt. Het onderste filter moet op maximale afstand onderin het derde watervoerende pakket worden geplaatst
9. De bron(nen) dienen bij voorkeur op de eigen kavel te worden aangebracht. Voor plaatsing van bronnen buiten de eigen kavel zijn specifieke afspraken met de gemeente/grondeigenaar noodzakelijk (o.a. opstalrecht, wior vergunning). Dit geldt ook voor het bijbehorend leidingwerk. In bijlage 4 is het processchema opgenomen voor het gebruik van de openbare ruimte voor bronnen en leidingwerk.

## iii. Recirculatiesystemen

10. Recirculatiesystemen worden niet toegestaan.

### **c. Gesloten bodemenergiesystemen**

11. Een gesloten bodemenergiesysteem mag niet dieper reiken dan NAP -60 m. De bodemwarmtewisselaars dienen bij voorkeur op de eigen kavel te worden aangebracht. Voor plaatsing buiten de eigen kavel zijn specifieke afspraken met de gemeente/grondeigenaar noodzakelijk (o.a. opstalrecht, wior vergunning). Dit geldt ook voor het bijbehorend leidingwerk.

### 3. Algemene toelichting ontwerpprincipes

In dit hoofdstuk worden verschillende aspecten en definities omschreven die relevant zijn voor het ontwerp en de toepassing van open bodemenergiesystemen.

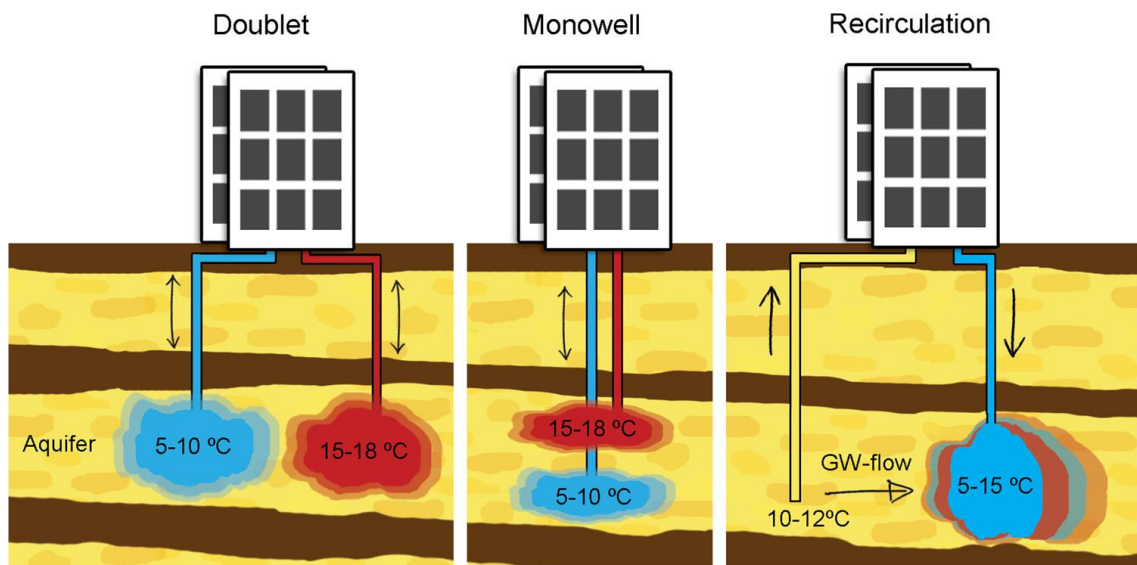
#### a. Open en gesloten bodemenergiesystemen

Bij gebruik van een bodemenergiesysteem (BES) wordt warmte en/of koude uit de bodem onttrokken en gebruikt voor het verwarmen en koelen van gebouwen. Bij open bodemenergiesystemen (OBES) gebeurt dit door het onttrekken en infiltreren van grondwater uit watervoerende lagen, bij gesloten bodemenergiesystemen (GBES) door het circuleren van een vloeistof door een gesloten systeem (zoals kunststof lussen) in de bodem. Koelen en verwarmen met behulp van BES kan flinke besparingen opleveren. Er hoeft minder gas en elektriciteit gebruikt te worden voor verwarmen en koelen. Dat zorgt ervoor dat de CO<sub>2</sub>-uitstoot vermindert.

Gesloten systemen kunnen al rendabel zijn bij kleine toepassingen (individuele woningen, groepen woningen of kleine utiliteitsbouw). Open bodemenergiesystemen zijn met name geschikt voor grote ontwikkelingen (>50 woningen, grotere kantoren of utiliteitsbouw). In Amsterdam worden de bronfilters van open bodemenergiesystemen over het algemeen gerealiseerd op een diepte tussen 65 en 200 meter. De einddiepte van de lussen bij gesloten bodemenergiesystemen varieert globaal tussen 90 en 175 m. In verband met de te verwachten ontwikkelingen in Amstel III en Arenapoort richt deze rapportage zich met name op open bodemenergiesystemen.

#### b. Monobron en doublet

De open bodemenergiesystemen kunnen worden onderverdeeld in monobronnen en doubletten. Bij een monobron bevinden de warmte- en koude bron zich boven elkaar en worden daarmee met één boring gerealiseerd. Een doublet bestaat uit twee bronnen. De ene bron wordt gebruikt voor opslag van warm water en de andere voor koud water. In **Figuur Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document.**-2 is de opzet van OBES met een doublet (links), monobron (midden) getoond. De figuur toont ook een recirculatiesysteem (rechts). Een recirculatiesysteem is een doubletsysteem waarbij 1 bron wordt gebruikt voor infiltratie en 1 bron voor onttrekking. Hierbij is geen sprake van opslag, maar wordt verwarmd en gekoeld met de natuurlijke temperatuur van het grondwater. Recirculatiesystemen worden in Amsterdam zelden toegepast. De energie die geleverd kan worden is beperkt in vergelijking met een doublet-systeem. Bovendien is het ruimtebeslag groter. Daarom worden recirculatiesystemen hier verder niet behandeld.



Figuur Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document.-2 Schematische weergave van doublet, monobron en recirculatie OBES [2].

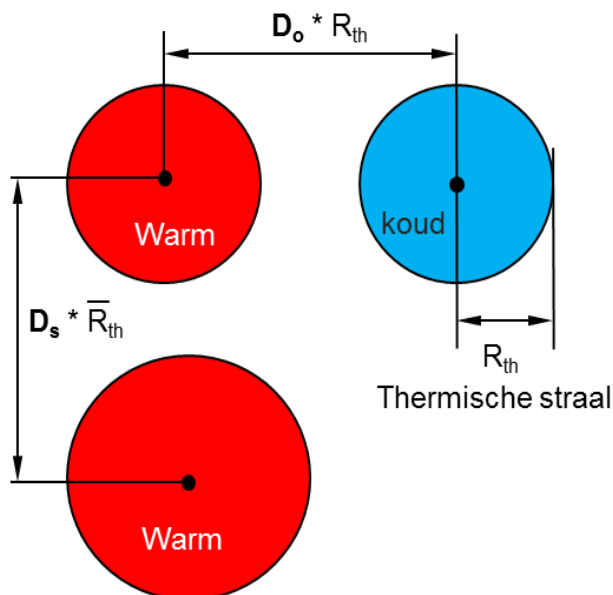
Bodemtechnisch kunnen zowel doubletten als monobronnen toegepast worden op de locatie. Elk type bronstelsel heeft zijn voor- en nadelen. De keuze voor het ene of het andere stelsel is daarom niet eenduidig te maken en zal afhangen van voorkeuren van ontwikkelende partijen. Hieronder is een vergelijking van doubletten en monobronnen [4]:

- Doubletten
  - Grotere capaciteit per bron mogelijk (factor 4 tot 5 t.o.v. monobron); in plangebied maximaal 200-250 m<sup>3</sup>/u
  - In verband met de grotere capaciteit per bron (dan monobronnen) zijn minder bronlocaties nodig, daardoor is er minder ruimtebeslag en is beheer goedkoper;
  - Kostenefficiënter bij grote capaciteiten;
  - Relatief grote afstand nodig tussen de bronnen(clusters), waardoor veel leidinglengte nodig is (soms moeilijk in te passen in verband met beperkte ruimte in de ondiepe ondergrond).
- Monobronnen
  - Capaciteit in plangebied maximaal circa 60 m<sup>3</sup>/u
  - Meer flexibiliteit ten opzichte van plaatsing van de bronnen (onderlinge afstand is beperkter);
  - Minder leidinglengte tussen de bronnen en technische ruimte;
  - Dubbele leidingen nodig tussen bronnen en technische ruimte (warm en koud);
  - Gevoeliger voor thermische kortsluiting bij structurele onbalans;
  - Meer redundantie door toepassing van meerdere kleine monobronnen.

### c. Afstand tussen de bronnen

Voor doublet systemen geldt dat als de koude en warme bronnen te dicht bij elkaar staan een deel van de opgeslagen energie verloren gaat, waardoor het rendement van het systeem afneemt. Een

te grote afstand tussen bronnen is echter ook niet wenselijk in verband met het benodigd leidingwerk en omdat dan een deel van de tussenliggende bodem niet benut wordt voor bodemenergie en er minder ruimte overblijft voor andere bodemenergiesystemen. De optimale afstand tussen de bronnen is in de praktijk afhankelijk van het type bron, de bodemopbouw en de inrichting van het gebied als geheel. Uit onderzoek [1] blijkt dat voor een goede benutting van de bodem de optimale afstand tussen gelijksoortige bronnen (warm-warm of koud-koud) 0,5 á 1,0 maal de thermische straal bedraagt, en de optimale afstand tussen tegenovergestelde bronnen (warm-koud) 2 á 2,5 maal de thermische straal (zie Figuur Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document.-3). De thermische straal is een veelgebruikte maat voor het ontwerp van doubletten en wordt uitgelegd in het onderstaande tekstblok.



Figuur Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document.-3 De principe van bronnenafstand

#### Thermische en hydrologische straal

- De hydrologische straal is een theoretische maat voor de afstand van een bron tot waar het geïnfiltreerde water komt. Deze wordt bepaald door de hoeveelheid water die per seizoen (dus in een pomprichting) wordt geïnfiltreerd, de filterlengte en poriefractie.
- De thermische straal is een theoretische maat voor de afstand van een bron tot waar de temperatuur van de bodemmatrix wordt beïnvloed. Deze is onder andere afhankelijk van de warmtecapaciteit van het water en van het zand, en is ongeveer gelijk aan  $0,7 \cdot$  hydrologische straal.
- Het hydrologisch invloedsgebied is het gebied rondom de bronnen waarbinnen de stijghoogte minimaal 5 cm wordt beïnvloed.
- Het thermisch invloedsgebied is het gebied rondom de bronnen waarbinnen de invloed op de temperatuur groter is dan  $0,5 \text{ } ^\circ\text{C}$ , daarbij wordt rekening gehouden met de grondwaterstroming.

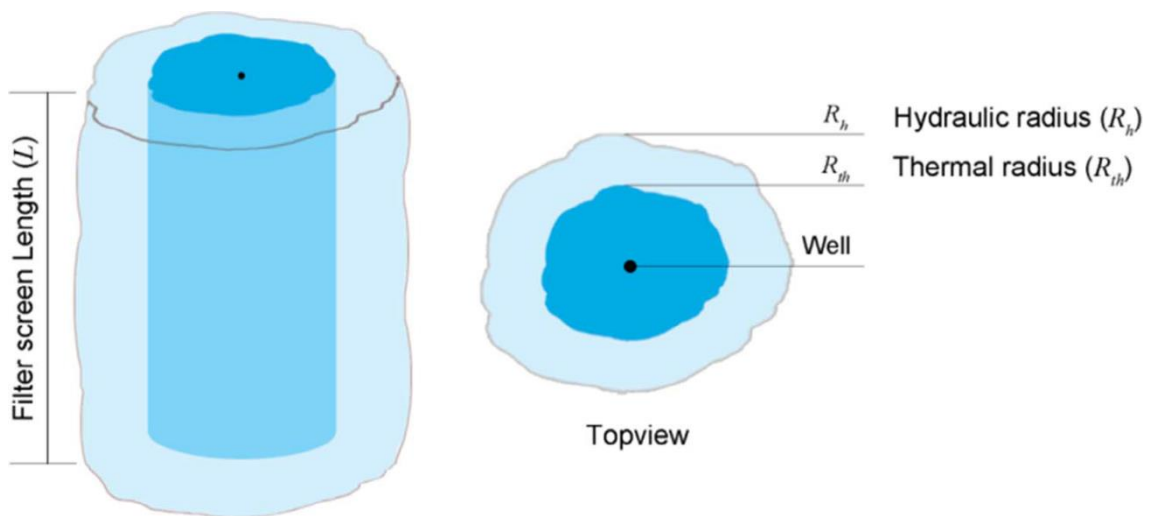
Uit een indicatieve berekening op basis van de lokale bodemopbouw (Tabel Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document.-1) blijkt dat bij een bron waaruit water wordt onttrokken (of geïnfiltreerd) met een debiet van  $250 \text{ m}^3/\text{u}$  de invloed op de stijghoogte circa  $1,5 \text{ m}$  bedraagt op  $20 \text{ m}$  afstand en circa  $1,0 \text{ m}$  op  $50 \text{ m}$  afstand. Wanneer meerdere bronnen in elkaars hydrologische invloedsgebied staan moet derhalve rekening gehouden worden met de gezamenlijke invloed van deze bronnen op de verlaging in de bron.

#### d. Verhouding tussen de filterlengte en de thermische straal

Naast de afstand tussen de bronnen dient rekening gehouden te worden met de verhoudingen tussen de thermische straal en de grondwaterstroming ( $R_{\text{th}}/\text{u}$ ) en tussen de filterlengte en de thermische straal ( $L/R_{\text{th}}$ ). In het plangebied (Arenapoort en Amstel III) is de grondwaterstroming traag, en heeft nagenoeg geen invloed op de efficiency<sup>1</sup> van de energieopslag. De verhouding  $L/R_{\text{th}}$  dient tussen 1 en 4 te liggen, waarbij de optimale waarde (meest thermisch efficiënte opslag) is 1,5 [2].

---

<sup>1</sup> Hier wordt onder efficiency verstaan de verhouding tussen wat er in de bodem opgeslagen wordt en wat er na 1 seizoen opgehaald kan worden. Op deze locatie zijn de verwachte seizoensverliezen laag ( $<20 \%$  van de opgeslagen thermische energie).



Figuur Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document.-4 Filterlengte en thermische en hydraulische straal [2].

## e. Productiviteit

Productiviteit is het verschil in temperatuur tussen het toegevoegde en onttrokken water aan de bodem. Voor de efficiency van de OBES is het van belang dat de productiviteit hoog is ( $\Delta T$  moet minimaal  $6\text{ }^{\circ}\text{C}$  zijn), zodat:

1. er niet onnodig water wordt verpompt om de gevraagde hoeveelheid energie te produceren;
2. de warmtepomp niet onnodig wordt ingezet vanwege elektriciteitsgebruik;
3. er voldaan wordt aan de Waterwetvergunning en overige milieuregelgeving.

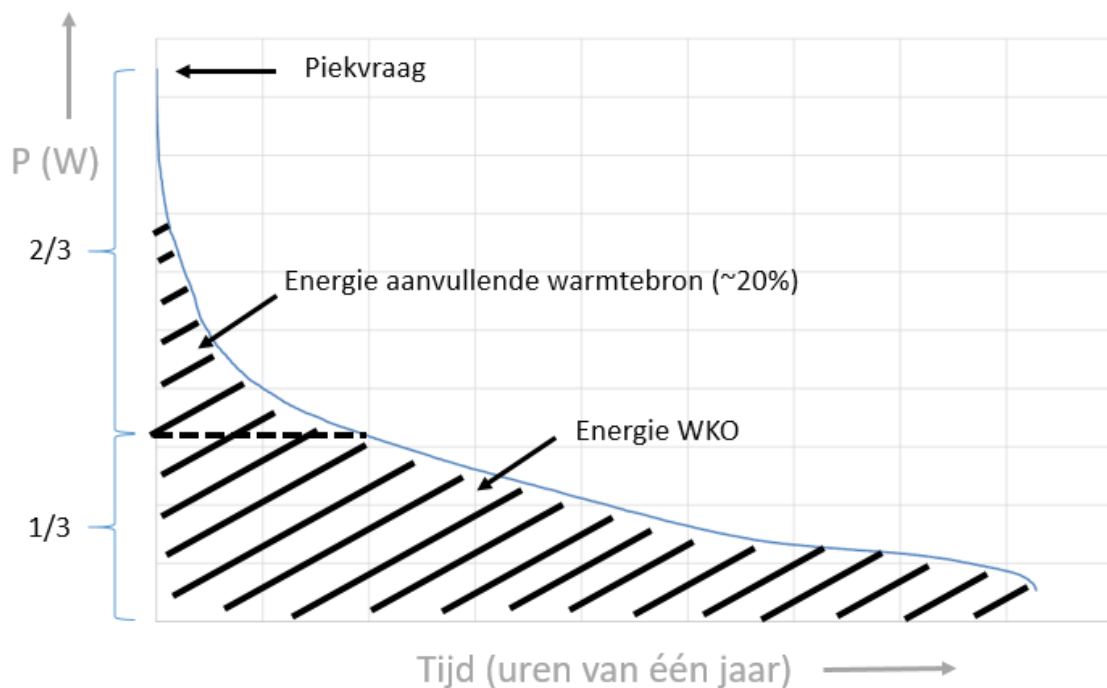
## f. Benuttingsgraad

Doordat (open) bodemenergiesystemen een ruimtebeslag hebben in de bodem kunnen er in een gebied niet oneindig veel doubletten worden gerealiseerd. De benuttingsgraad is een maat voor de mate waarin de beschikbare bodemruimte in een gebied door bodemenergie wordt benut. De benuttingsgraad ( $F_s$ ) is gedefinieerd als het totaal watervolume dat per jaar wordt of moet worden onttrokken (en geïnfiltrated) gedeeld door het bruto volume van de aquifer (bodemmatrix inclusief porievolume) waar dit water uit wordt onttrokken [1]. De benuttingsgraad geeft een eerste indicatie in hoeverre er ruimtelijke planning noodzakelijk is in een gebied. Vanaf een benuttingsgraad van circa 25% is ordening nodig, bijvoorbeeld met afstandsregels, zoals uitgelegd in paragraaf c, of een voorgeschreven verdeling van warme en koude bronnen in stroken.



## g. Monovalent/ bivalent systeem

Bij een monovalent systeem wordt de gehele warmte en/of koelvraag geleverd door het bodemenergiesysteem. Een bivalent systeem, met OBES dat in de basislast voorziet en aanvullende piekvoorzieningen voor warmte en/of koude (bijvoorbeeld stadswarmte en een drycooler), kan voordeliger zijn. Vooral warm tapwatervoorziening vanuit andere bronnen dan de bodem kan ervoor zorgen dat de basislast met veel kleinere bronnen kan worden voorzien, met kleinere (en goedkopere) pompen. In Figuur Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document.-5 is de jaarbelastingduurkromme van een bivalent systeem getoond, dat het principe illustreert. De bodemenergiebronnen en warmtepompen kunnen dan wat betreft vermogen kleiner gedimensioneerd en daardoor goedkoper worden uitgevoerd. Daartegenover staat investering in (duurzame) piekvoorzieningen.



Figuur Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document.-5 Jaarbelastingduurkromme bivalent systeem [11]. Indicatief, als  $\frac{1}{3}$  van het vermogen uit de ondergrond gehaald wordt, kan daarmee 80% van de energie worden voorzien. Exacte percentages kunnen per gebouw en/of systeem verschillen.

## h. Collectieve systemen

Een collectief bodemenergiesysteem levert koude en warmte aan meerdere afnemers en kan bestaan uit 1 of meerdere doubletten die gekoppeld zijn via een distributienet. In gebieden met beperkte ondergrondse ruimte kan het toepassen van collectieve systemen een goede oplossing zijn. Een collectief systeem kan goedkoper zijn in aanleg en onderhoud, is thermisch efficiënter en

heeft een kleiner ruimtegebruik, dan wanneer afzonderlijke gebruikers ieder hun eigen bodemenergiesysteem realiseren. Daarnaast kan een collectief systeem gefaseerd aangelegd worden, en kunnen nieuwe gebruikers hier later op aangesloten worden, als ze "online" komen. Ook is het in een collectief systeem door de schaalgrootte makkelijker en efficiënter om het warmtekort aan te vullen vanuit datacenters of oppervlaktewater. In verband met bovengenoemde voordelen, en de verwachting dat (open) bodemenergiesystemen een belangrijke rol kunnen spelen in de energietransitie, heeft de gemeente Amsterdam een voorkeur voor het realiseren van collectieve systemen.

## 4. Beleid en regelgeving

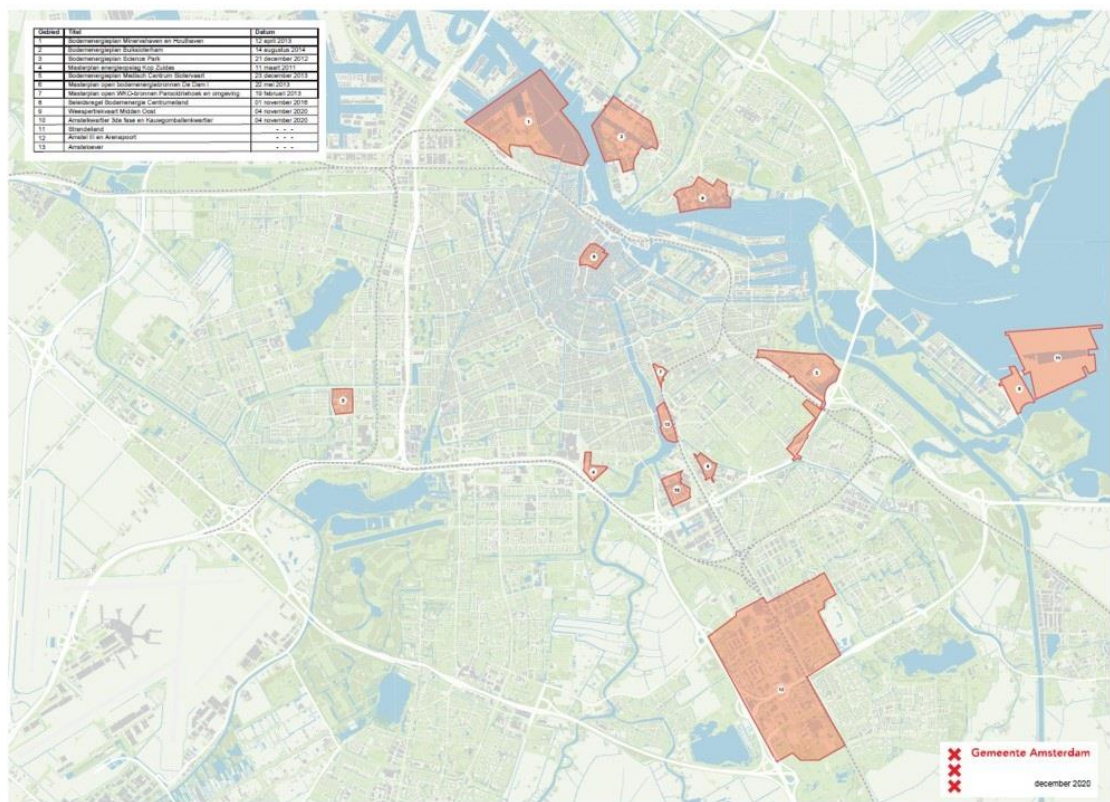
Sinds 1 juli 2013 is het wijzigingsbesluit bodemenergiesystemen van kracht evenals handreikingen voor vergunningverleners en handhavers (BUM en HUM). In bijlage 3 is het Stroomschema besluiten m.b.t. bodemenergiesystemen opgenomen. De belangrijkste regels zijn hieronder samengevat:

- Open bodemenergiesystemen zijn vergunningsplichtig, waarbij de Provincie het bevoegd gezag is<sup>2</sup>; een uitzondering zijn kleine systemen (<10 m<sup>3</sup>/h), deze zijn alleen vergunningplichtig indien deze zich in een interferentiegebied bevinden;
- Gesloten bodemenergiesystemen met een vermogen <70 kW zijn meldingsplichtig, voor systemen met een vermogen >70 kW geldt een Omgevingsvergunning beperkte milieutoets (Obm). Hierbij is de Gemeente het bevoegd gezag<sup>3</sup>. Binnen een interferentiegebied zijn alle bodemenergiesystemen vergunningplichtig.
- Er is een vereenvoudigde procedure voor het aanvragen van open systemen <50 m<sup>3</sup>/h;
- Bij open bodemenergiesystemen is een milieu effect rapportage (m.e.r.) beoordeling een onderdeel van het vergunningstraject;
  - Als de verwachte verplaatsing van grondwater lager is dan 1.500.000 m<sup>3</sup> per jaar, dient een vormvrije m.e.r.-beoordeling gedaan te worden;
  - Als de verwachte verplaatsing van grondwater groter is dan 1.500.000 m<sup>3</sup> per jaar, dient een formele m.e.r.-beoordeling gedaan te worden;
  - Als de verwachte verplaatsing van grondwater groter is dan 10.000.000 m<sup>3</sup> per jaar, is een m.e.r. verplicht;
- Er is voor bodemenergiesystemen, onder voorwaarden, een uitzondering gemaakt op het verbod op het lozen op het maaiveld en het lozen in riolen;
- Alleen gecertificeerde bedrijven mogen ontwerpen maken, systemen aanleggen en beheren en exploiteren (sinds 1 oktober 2014 wettelijk verplicht);
- Een koude-overschot is toegestaan, een warmteoverschot niet.

Gemeenten kunnen zogenaamde 'interferentiegebieden' aanwijzen waar regie op de ondergrond noodzakelijk is voor efficiënt gebruik van bodemenergie. Binnen deze gebieden zijn gesloten systemen altijd vergunningsplichtig. In Amsterdam zijn meerdere interferentiegebieden aangewezen [10], zie Figuur Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document.-6. Bij het aanwijzen van een interferentiegebied kan tevens een bodemenergieplan worden vastgelegd op basis waarvan de gemeente en provincie (of in geval van Amsterdam de omgevingsdienst ODNZKG) vergunningaanvragen toetsen.

---

<sup>2</sup> Voor Amsterdam is deze bevoegdheid overgedragen aan Omgevingsdienst Noordzeekanaalgebied (ODNZKG)



Figuur Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document.-6 Interferentiegebieden in de Gemeente Amsterdam.

## 5. Omgevingsaspecten

### a. Maaiveldhoogte

De maaiveldhoogte in het gebied varieert tussen NAP -4,0 m en NAP -3,0 m [6]. Het deel van Arenapoort ten oosten van de spoorlijn ligt iets hoger, tussen NAP -3,0 m en NAP -2,0 m.

### b. Grondonderzoek en bodemschematisatie

De bodemopbouw is bepaald op basis van:

1. het model REGIS II v2.2 uit het DINOloket [7], en
2. de Effectenstudie Hullenbergweg 1 t/m 135 Amsterdam [8].

De bodemopbouw en geohydrologie zijn geschematiseerd in Tabel Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document.-1. De formatie van Peize en Waalre (WVP 3) van NAP -70 m tot NAP -180 m wordt in Amsterdam gebruikt voor OBES.

Tabel Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document.-1: Schematisatie bodemopbouw en geohydrologie op projectlocatie

Diepte in m NAP		Dikte (m)	Bodemlaag	Geohydrologische schematisatie	Geohydrologische parameters	
Van	Tot				kD (m <sup>2</sup> /d)**	c (d)**
-3,5	-15 à -20	12 à 17	Zand, klei en veen	Deklaag	180	600
-15 à -20	-65	45 à 50	Fijn tot matig grof zand met kleilagen	Gecombineerde 1 <sup>e</sup> en 2 <sup>e</sup> Watervoerend Pakket (WVP1 en WVP 2)	750	
-65	-70	5	Klei	1 <sup>e</sup> scheidende laag		400
-70	-180	110	Grof en middengrof zand	3 <sup>e</sup> Watervoerend pakket (WVP 3)*	3.800	
-180	-	-	Klei en fijn zand	Geohydrologische basis		-

\*in een deel van het gebied ligt er op een diepte van ca. NAP -120 m een kleilaag met een maximale dikte van 2 m.

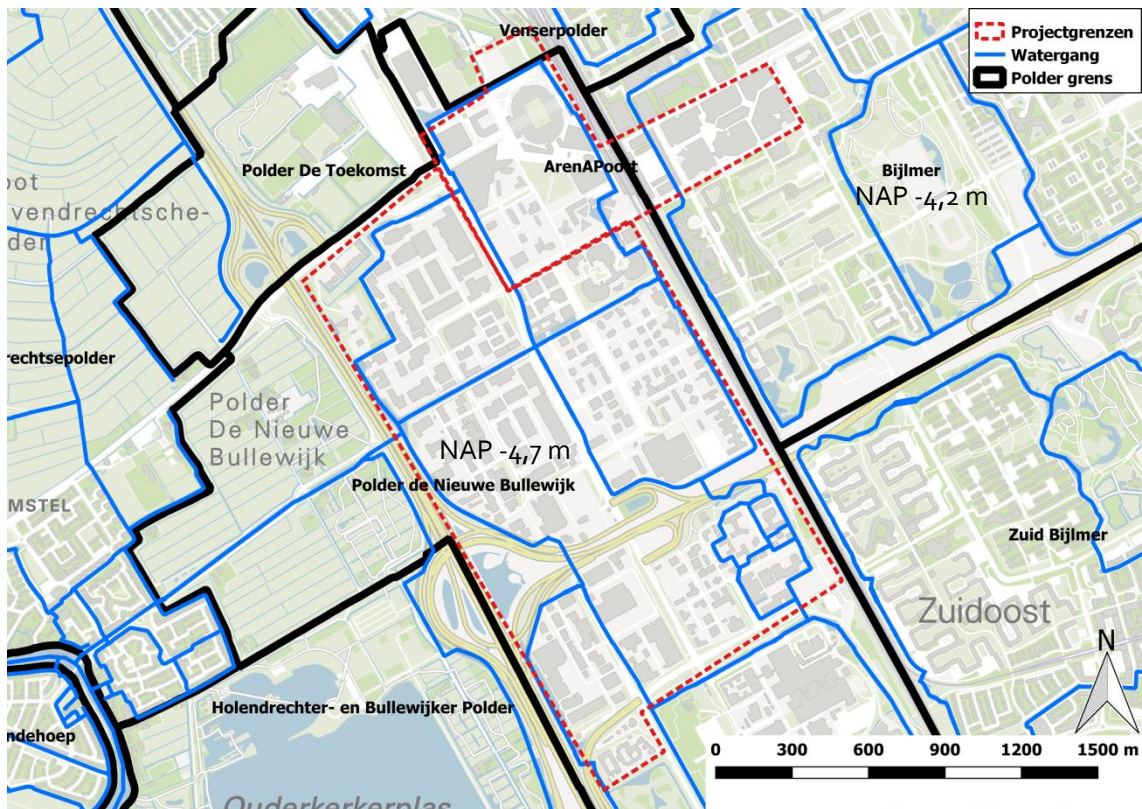
\*\*kD = doorlaatvermogen, c = weerstand

### c. Oppervlaktewater en datacenters

Voor de exploitatie van bodemenergie is het van belang dat de bodemsystemen thermische in balans zijn. In geval van een onbalans in warmte en koudevraag kan mogelijk het oppervlaktewater of restwarmte uit datacenters worden ingezet om een balans te realiseren in de bodem. Het projectgebied ligt grotendeels in polder De Nieuwe Bullewijk, dat een streefpeil van NAP -4,7 m heeft. Het deel van Arenapoort ten oosten van de spoorlijn ligt in de Bijlmer polder, dat een streefpeil van NAP -4,2 m heeft [9]. In het projectgebied liggen meerdere watergangen, zie Figuur Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document.-7. In de zomer is winning van

warmte uit oppervlaktewater mogelijk, waardoor het water kouder wordt. Onttrekking is alleen mogelijk als de watertemperatuur voldoende hoog is (in verschillende bronnen worden minimale temperaturen van 15 á 18 °C genoemd), de daling mag niet te groot zijn (5 á 6 °C) en het geretourneerde water mag niet te koud zijn (bijvoorbeeld kouder dan 12 °C). Mogelijk worden door de waterbeheerder aanvullende beperkingen opgelegd. Er is dus een beperkte tijd waarin warmte vanuit het oppervlaktewater geladen kan en mag worden.

In het projectgebied zijn meerdere datacenters. Momenteel wordt de restwarmte van de datacenters de lucht ingeblazen via koelmachines. Bij aansluiting op een (toekomstig) laag temperatuur warmte- en koudenet ontvangt het datacenter koude van circa 12°C en levert warmte van circa 30°C.



Figuur Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document.-7 Poldergrenzen en ligging van watergangen in het projectgebied [9].

## d. Grondwater

De grondwaterstand is bepaald op basis van peilbuizen Ho7156 en Ho7140 van Waternet en B25G0918 van TNO. In Tabel Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document.-2 zijn de gemeten freatische grondwaterstanden en stijghoogten samengevat.

Tabel Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document.-2 Samenvatting van de grondwaterstanden en stijghoogten gemeten in peilbuizen in en rondom het plangebied

Peilbuis	WVP	X	Y	mv <sup>1</sup> (m NAP)	Filter		Gemiddeld gws <sup>1</sup> (m NAP)	Peilbuis gemeten	
					Top	Bodem		Van	Tot
H07156	Deklaag	124687	480201	-3,56	-6,20	-7,25	-4,29	22-2-2005	29-1-2020
H07140	1 <sup>e</sup> /2 <sup>e</sup>	124344	480385	-3,28	-9,44	-10,44	-3,81	19-7-1999	29-1-2020
B25G0918-001	1 <sup>e</sup> /2 <sup>e</sup>	124975	480725	0,36	-13,72	-14,72	-3,61	29-5-1989	27-4-2001
B25G0918-002	1 <sup>e</sup> /2 <sup>e</sup>	124975	480725	0,36	-24,75	-25,75	-3,62	29-5-1989	27-4-2001
B25G0918-003	1 <sup>e</sup> /2 <sup>e</sup>	124975	480725	0,36	-35,78	-36,78	-3,69	29-5-1989	27-4-2001
B25G0918-004	1 <sup>e</sup> /2 <sup>e</sup>	124975	480725	0,36	-57,82	-58,82	-3,74	29-5-1989	27-4-2001
B25G0918-005	3 <sup>e</sup>	124975	480725	0,36	-76,85	-77,85	-3,74	29-5-1989	27-4-2001
B25G0918-006	3 <sup>e</sup>	124975	480725	0,36	-113,88	-114,88	-3,76	29-5-1989	27-4-2001

<sup>1</sup> mv=maaiveldniveau, gws=grondwaterstand

De grondwaterstand in de deklaag is circa NAP -4,29 m. De stijghoogte in het 1<sup>e</sup>, 2<sup>e</sup> en 3<sup>e</sup> watervoerend pakket (WVP) is circa NAP -3,7 m. Omdat de gemiddelde stijghoogte in het eerste WVP hoger is dan de grondwaterstand in de freatische laag is er in dit gebied sprake van kwel waarbij grondwater naar de deklaag stroomt (1,5 mm/dag). Er is geen kwel/infiltratie tussen het 1<sup>e</sup> WVP en 2<sup>e</sup>/3<sup>e</sup> WVP.

Op basis van het verloop van de isohypsen is de te verwachten stroming in het 1<sup>e</sup> WVP in zuidwestelijke richting en bedraagt circa 5 m/jaar. De te verwachten stroming in het 2<sup>e</sup>/3<sup>e</sup> WVP is in westelijke/zuidwestelijke richting en bedraagt circa 5 à 10 m/jaar.

## e. Grondwaterkwaliteit

De zoet/brak grens ligt naar verwachting onderaan de deklaag, op NAP -15 m á NAP -20 m. De brak/zout grens ligt naar verwachting in de 1<sup>e</sup> WVP, op NAP -30 m à NAP -35 m.

Het grondwater in het 3<sup>e</sup> WVP is volledig zout, kalkverzadigd en gereduceerd (ijzerhoudend, zuurstof- en nitraatloos) [8].

In sommige OBES in Amsterdam die filters in het bovenste deel van het pakket (tot NAP -90 à -100 m) hebben staan, zijn problemen met putverstopping geconstateerd, mogelijk door menging van water met verschillende Redox potentiaal, uit verschillende dieptes in hetzelfde watervoerend pakket. Het wordt daarom geadviseerd om filters vanaf een diepte van NAP -100 m te plaatsen.

## f. Aanwezige en toekomstige belangen in en om het gebied

Bij de realisatie van bodemenergiesystemen dient rekening gehouden te worden met de belangen die in de omgeving aanwezig zijn. In de omgeving op een afstand van minder dan 500 m zijn aanwezig:

- andere grondwatergebruikers, zoals andere bodemenergiesystemen;

- spoor- en metrolijnen;
- waterkeringen.

De vergunde bodemenergiesystemen binnen interferentiegebied Amstell III en Arenapoort zijn weergegeven in bijlage 1. De belangrijkste gegevens van de systemen zijn samengevat in Tabel Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document.-3. Tabel Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document.-4 geeft het aantal systemen, vergunde debieten en de huidige benuttingsgraad per deelgebied.

Op basis van de beschikbare informatie in het LGR is de conclusie dat er nog voldoende ruimte in de ondergrond is. OBES initiatieven in het projectgebied moeten wel rekening houden met bestaande systemen, om negatieve thermische invloed uit te sluiten.

Tabel Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document.-3 Vergunde BES in en om het projectgebied (d.d. maart 2021)

LGR	Project	Type <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /uur	m <sup>3</sup> /jaar	Diepte <sup>4</sup> (m- NAP)	
					Van	Tot
80095	BES Gemeente Amsterdam Stadsloket Zuidoost Anton de Komplein 150 Amsterdam-Zuidoost	D	80	240.000	100	140
81939	BES Politiebureau Flierbosdreef 15 Amsterdam	D	85	300.000		
PNH1607	BES kantoorgebouw ING HQ tussen Bijlmerdreef en Ganzenhoefpad Amsterdam (*ingetrokken in mei 2021)	D	250	880.000	60	110
79254	BES ABM Amro Foppingadreef 22 Amsterdam	D	200	670.000	75	155
85076	BES Musicdome Arenaboulevard 61-75 Amsterdam	D	240	500.000	85	175
81374	BES Uitgaanscentrum GETZ Arenaboulevard Amsterdam	D	500	1.495.000	75	125
84722	BES Oval Tower de Entree 99-197 Amsterdam	D	250	645.000	94	150
330837	Arena boulevard 145	G				150
PNH1804	OBES Dreeftoren Haaksbergweg 3 Amsterdam	D	100	480.000	75	145
PNH1803	OBES kantoor d' Oliphant Haaksbergweg 4 Amsterdam	M	160	780.000		
PNH2038	OBES Atlas ArenA, Hoogoorddreef Amsterdam	D	1.250	4.680.000	69	190
PNH1926	OBES woon-werkwijk SPOT Hogehilweg Amsterdam	D	550	1.845.000	68	180
PNH2051	OBES Hettenheувelweg 45-51 Amsterdam	D	250	632.000	69	190
PNH2044	OBES Karspeldreef 14-16 Amsterdam	D	250	600.000	90	150
PNH2003	OBES Hullenbergweg 1-135 Amsterdam	D	250	1.000.000	68	180
79253	OBES Cisco Systems International Hullenbergweg 85 Amsterdam Zuidoost	D	450	3.000.000	91	168

<sup>3</sup> O/I – onttrekking/infiltratie; D – doublet, M – monobron; G - gesloten

<sup>4</sup> Maximaal dieptetraject OBES, einddiepte tussen GBES



LGR	Project	Type <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /uur	m <sup>3</sup> /jaar	Diepte <sup>4</sup> (m- NAP)	
					Van	Tot
79125	BES IKEA Amsterdam Hullenbergweg 2 Amsterdam Zuidoost	D	150	206.000	75	114
100209	BES KPN Datacenter Amsterdam Paalbergweg 1 Amsterdam	M	60	495.000		
79939	BES Amsterdam Health Technology Center Paasheuvelweg 25 Amsterdam	D	150	630.000	92	149
84404	BES Telecitygroup Schepenbergweg 42 Amsterdam-Zuidoost	D	500	1.450.000		
89399	BES Fletcher Tower Hotel Schepenbergweg 43 Amsterdam	D	37	209.400	70	108
87637	BES De Koppeling Tafelbergweg 8 Amsterdam	O/I	10	15.840		
354495	Jeroen Pit Huis UMC / AMC Meibergdreef 7 Amsterdam	G				140

Tabel Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document.-4 Vergunde OBES in de deelgebieden (d.d. mrt 2021)

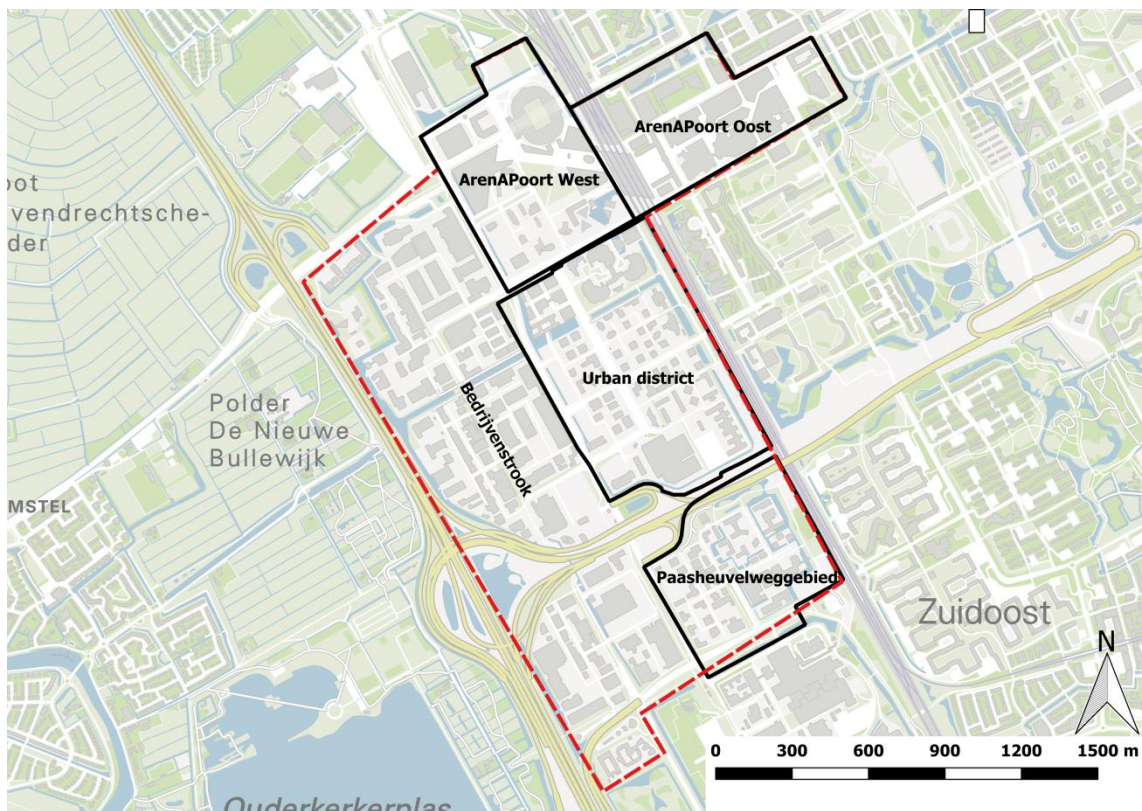
	Aantal systemen	Aantal bronnen	Vergund debiet	Vergund debiet	Huidige benuttingsgraad F <sub>s</sub> <sup>*</sup>
	#	#	m <sup>3</sup> /uur	m <sup>3</sup> /jaar	%
Amstel III Paasheuvelweggebied	2	3	210	1.125.000	6%
Amstel III Urban District	7	26	3.150	11.963.000	36%
Arenapoort Oost	3	6	415	1.420.000	7%
Arenapoort West	5	12	1.250	3.900.000	18%
<b>Totaal</b>	<b>17</b>	<b>48</b>	<b>5.025</b>	<b>18.408.000</b>	<b>20%</b>

\*- uitgaande van 50 m filterlengte, de gemiddelde filterlengte van OBES in de omgeving, i.p.v. de totale aquifer dikte

## 6. Energiebehoefte plangebied

### a. Warmte en koude vraag

De energiebehoefte voor verwarming, koeling en warm tapwater in het gebied is in 2019 door het Focusteam Warmte geschat op basis van de verwachte bouwvolumes [5]. De daarbij gegeven energiebehoefte betreft de totale warmte en koudevraag in het gebied (dus ook inclusief de al aanwezige of vergunde bodemenergiesystemen) en gaat dus uit van volledige transformatie of nieuwbouw. Bij het analyseren van de energiebehoeftes zijn voor alle deelprojecten dezelfde kentallen gebruikt (Tabel Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document.-5). De kentallen zijn onder andere gebaseerd op de BENG-norm, de transitievisie warmte Amsterdam en de Keuzehulp duurzaam verwarmen. Het projectgebied is verdeeld in vier deelgebieden, zoals getoond in Figuur Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document.-8. Het bouwprogramma (Tabel Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document.-6) en de gebouwzijdige energiebehoefte (Tabel Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document.-7) zijn per deelgebied berekend. In de Bedrijvenstrook zijn op dit moment geen plannen bekend voor (her)ontwikkeling, en deze valt dus buiten de beschouwing.



Figuur Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document.-8 Projectgebied verdeeld in vier deelgebieden op basis van het onderzoek van de Focusteam Warmte.



Tabel Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document.-5: Kentallen energievraag (hierbij is rekening gehouden met gelijktijdigheid).

	Ruimteverwarming (kWh/m <sup>2</sup> /jaar)	Ruimtekoeling (kWh/m <sup>2</sup> /jaar)	Tapwater (kWh/m <sup>2</sup> /jaar)	Warmte vermogen (W/m <sup>2</sup> )
kantoren en voorzieningen	12,4	11,3	1,4	70
woningen	25	8	20	25

Tabel Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document.-6: Verwachte bouwvolumes [5].

Deelgebied	Gebied oppervlak	Aantal woningen	Oppervlak woningen (m <sup>2</sup> )	Oppervlak kantoren (m <sup>2</sup> )
Amstel III Paasheuvelweggebied	372.125	5.132	318.170	332.633
Amstel III Urban District	658.142	8.164	506.181	506.181
Arenapoort Oost	403.227	1.419	92.250	136.970
Arenapoort West	431.636	5.131	333.500	242.000
<b>Totaal</b>	<b>1.865.130</b>	<b>19.846</b>	<b>1.250.101</b>	<b>1.217.784</b>

Zoals blijkt uit Tabel Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document.-7, is de verwachte behoefte aan warmte significant groter dan de behoefte aan koude. Deze onbalans komt voort uit het grote aandeel woningen in het bouwprogramma waarvoor de totale warmtevraag (ruimteverwarming + tapwater: 45 kWh/m<sup>2</sup>/jaar) groter is dan de verwachte koudevraag (8 kWh/m<sup>2</sup>/jaar). Voor de exploitatie van bodemenergie is het van belang dat de bodemsystemen thermische in balans zijn. Een onbalans in de warmte/koudevraag betekent dat ofwel 1) de balans hersteld moet worden door regeneratiesystemen, bijvoorbeeld door in de zomer extra warmte te laden vanuit oppervlaktewater of afkomstig uit datacenters in het gebied, of 2) dat een deel van de warmte niet door het bodemenergiesysteem maar door een andere warmtebron moet worden geleverd. Door het Focusteam Warmte is alleen het benodigde warmtevermogen bepaald. Er wordt van uitgegaan dat het benodigde vermogen voor koeling niet bepalend is voor het benodigde maximaal brondebiet.

Tabel Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document.-7 Energiebehoefte in het gebied (gebouwszijdig)

Deelgebied	Warmte vermogen	Warmte behoefte			Koude behoefte	Warmtetekort
		Ruimteverwarming	Tapwater	Totaal		
	kW	MWh/jaar	MWh/jaar	MWh/jaar	MWh/jaar	MWh/jaar
Amstel III Paasheuvelweggebied	31.239	12.079	6.829	18.908	6.304	12.604
Amstel III Urban District	48.087	18.931	10.832	29.763	9.769	19.994
Arenapoort Oost	11.894	4.005	2.037	6.041	2.286	3.756
Arenapoort West	25.278	11.338	7.009	18.347	5.403	12.945
<b>Totaal</b>	<b>116.497</b>	<b>46.353</b>	<b>26.707</b>	<b>73.060</b>	<b>23.762</b>	<b>49.298</b>

## b. Maximale en seizoensdebieten

Op basis van de verwachte toekomstige energiebehoefte is berekend wat de daarbij behorende gewenste broncapaciteit is. Bij het bepalen van de maximale- en seizoensdebieten zijn de volgende uitgangspunten gebruikt:

- Gemiddelde  $\Delta T$  tussen de bronnen = 6 °C;
- De gehele koudevraag wordt met OBES geleverd;
- De gehele warmtevraag ( $W_{\text{totaal}}$ ) wordt met OBES geleverd (monovalent systeem), in combinatie met een warmtepomp die een Coefficient of Performance (COP) van 5 (ruimteverwarming) of 3 (tapwater) heeft; voor het piekvermogen is uitgegaan van een gemiddelde COP van 4;
- Het deel van warmte dat vanuit de bodem geleverd wordt is in dat geval  $W_{\text{totaal}} \cdot (COP - 1) / COP$ ;
- De bodemzijdige warmtevraag is in alle deelgebied groter dan de koudevraag. Het warmtetekort (in de bodem) wordt aangevuld, bijvoorbeeld vanuit het oppervlaktewater en/of vanuit datacenters (=regeneratie).

Het totale benodigde debiet en waterbezwaar per deelgebied is opgenomen in Tabel Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document.-8. Per doubletsysteem kan in het plangebied maximaal 200 à 250 m<sup>3</sup>/uur worden onttrokken. Bij 1.000 à 1.500 vollast uren per jaar bedraagt het waterbezwaar per seizoen 200.000 à 375.000 m<sup>3</sup> per doublet.

Tabel Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document.-8 Benodigd maximaal debiet en seizoensdebieten

	Verwarming		Koeling	Totaal*
	Maximaal debiet	Gemiddeld seizoensdebet	Gemiddeld seizoensdebet	Jaardebiet
	m <sup>3</sup> /uur	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
Amstel III Paasheuvelweggebied	3.355	2.035.682	902.737	6.107.045
Amstel III Urban District	5.164	3.202.833	1.398.944	9.608.499
Arenapoort Oost	1.277	653.210	327.317	1.959.629
Arenapoort West	2.715	1.967.996	773.642	5.903.989
<b>Totaal</b>	<b>12.512</b>	<b>7.859.721</b>	<b>3.402.640</b>	<b>23.579.162</b>

\*totaal jaardebiet (warmte+koude) op basis van grootste energievraag en regeneratie, inclusief 150% overdimensionering van te vergunnen debiet ten opzichte van gemiddeld benodigd debiet

## 7. Potentie bodemenergie

Een deel van de ruimte in de ondergrond is al 'bezet' door bestaande bodemenergiesystemen (zie Tabel Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document.-3). Het grootste deel van de ondergrond onder het projectgebied is nog niet gereserveerd en biedt genoeg ruimte voor nieuwe bodemenergiesystemen. In dit hoofdstuk wordt de beschikbare capaciteit van de ondergrond bepaald en tevens hoe de benutting daarvan afhangt van verschillende ontwerpkeuzes.

### a. Maximaal beschikbare capaciteit van de ondergrond

Plannen zijn aan verandering onderhevig. Sommige bouwplannen worden groter en andere mogelijk kleiner. Een alternatief voor een bronnenplan gestuurd op een bouwprogramma is een indeling van het gebied op basis van de mogelijkheden in de ondergrond, zodat er een beeld ontstaat van de maximale capaciteit. Vervolgens kan gekeken worden hoe de huidige plannen op de maximale capaciteit aansluiten, en kunnen keuzes worden gemaakt voor de bronnen. De maximaal beschikbare capaciteit is bepaald voor drie situaties met toenemende benuttingsgraad: 25%, 50% en 75%.

Vanaf een benuttingsgraad van circa 25% is ordening nodig, bijvoorbeeld met afstandsregels, zoals uitgelegd in paragraaf 3.c, of een voorgeschreven verdeling van warme en koude bronnen in stroken. Uit onderzoek [1] blijkt dat met ordening een benuttingsgraad van 50-60% haalbaar is.

Bij het bepalen van de maximaal beschikbare capaciteit is in plaats van de totale dikte van het 3<sup>e</sup> watervoerend pakket uitgegaan van een filterlengte van 50 m. Dit is de gemiddelde filterlengte van OBES in de omgeving. Aangezien de dikte van het 3<sup>e</sup> watervoerend pakket circa 110 m bedraagt (zie paragraaf 4.2) blijft een deel van het watervoerend pakket in deze analyse dus onbenut. In theorie kunnen 2 bodemenergiesystemen van verschillende initiatiefnemers boven elkaar worden gerealiseerd in het 3<sup>e</sup> watervoerend pakket, zonder tussenliggende scheidende laag. Hier zijn echter nog geen voorbeelden van en het is de vraag of dit in de praktijk daadwerkelijk haalbaar is.

De resultaten van de berekening zijn samengevat in Tabel Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document.-9. , dat toont de beschikbare debieten die gepompt kunnen worden.

Tabel Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document.-9 Maximaal potentieel volume te onttrekken grondwater en resterend potentieel, afhankelijk van benuttingsgraad  $F_s$  (indicatief).

	Potentieel te onttrekken volume water			Resterende beschikbare volume*		
	FS=25%	FS=50%	FS=75%	FS=25%	FS=50%	FS=75%
	m3/jaar	m3/jaar	m3/jaar	m3/jaar	m3/jaar	m3/jaar
Amstel III Paasheuvelweggebied	4.651.563	9.303.125	13.954.688	3.526.563	8.178.125	12.829.688
Amstel III Urban District	8.226.775	16.453.550	24.680.325	0	4.490.550	12.717.325
Arenapoort Oost	5.040.338	10.080.675	15.121.013	3.620.338	8.660.675	13.701.013
Arenapoort West	5.395.450	10.790.900	16.186.350	1.495.450	6.890.900	12.286.350
<b>Totaal</b>	<b>23.314.125</b>	<b>46.628.250</b>	<b>69.942.375</b>	<b>4.906.125</b>	<b>28.220.250</b>	<b>51.534.375</b>

\*hierbij is rekening gehouden met het al vergunde volume onttrekkingen van bestaande OBES

Uit de tabel blijkt dat er over het algemeen nog veel potentieel is in de bodem, mits het lukt een hoge benuttingsgraad te realiseren. Ook blijkt uit de tabel (en ook uit Tabel Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document.-4) dat met name in Urban District een aanzienlijk deel van het potentieel reeds is vergund. Bekend is dat OBES in de praktijk veelal minder water verpompen dan vergund, soms minder dan 50% van de vergunde capaciteit. Om de ondergrondse energieopslagcapaciteit beter te benutten, moet de vergunningverlenende instantie (ODNZKG) kritisch kijken naar de gevraagde capaciteit in relatie tot de werkelijk benodigde capaciteit. Een manier om onbenutte maar geclaimde ruimte vrij te maken voor werkelijk gebruik is het 'afslanken' van vergunningen – intrekken van vergunde maar (langdurig) niet gebruikte capaciteit.

## b. Type bronnen

### i. Scenario's

In het projectgebied kunnen doubletten met een debiet van maximaal 250 m<sup>3</sup>/u of monobronnen met een debiet van maximaal 60 m<sup>3</sup>/u gerealiseerd worden (dit is het maximale debiet wat in OBES doubletten en monobronnen in Amsterdam in de praktijk gerealiseerd wordt).

De projectlocatie is voldoende groot om de benodigde afstanden tussen de bronnen van doubletten te realiseren. Hiermee kunnen ze robuust functioneren, waarbij enige mate van onbalans niet tot negatieve interferentie hoeft te leiden. Bij monobronnen is deze flexibiliteit kleiner, omdat een verticale afstand tussen de bronnen aangehouden moet worden en deze beperkt wordt door de beschikbare ruimte voor het plaatsen van de bronfilters. De keuze voor toepassing van type bronsystemen is voorbehouden aan de ontwikkelende partij.

Op basis van de energiebehoeftes en de bodemeigenschappen is de benodigde ruimte in de ondergrond uitgerekend voor de volgende scenario's:

1. Basisscenario – doubletten met filters van 50 m
2. Langere filters van 100 m<sup>5</sup>
3. Monobronnen met filters van 40 m (plus 30 m verticale scheiding)

De scenario's zijn uitgerekend voor twee situaties:

1. De deelgebieden worden apart beschouwd
2. De deelgebieden worden gezamenlijk als een geheel

Als er voor het plaatsen van doubletten wordt gekozen, dienen gelijksoortige bronnen naast elkaar te worden geplaatst, zoals aangegeven in paragraaf 3.c.

## ii. Basisscenario

De volgende uitgangspunten zijn gehanteerd:

- monovalente doubletten<sup>6</sup>;
- maximaal debiet van 250 m<sup>3</sup>/bron;
- omdat de benutte dikte door de filterlengte beperkt wordt, is i.p.v. de aquifer dikte de gemiddelde filterlengte van OBES in de omgeving (50 m) gebruikt om de benuttingsgraad te bepalen;
- $\Delta T$  van 6 °C tussen onttrekking en infiltratie;
- Alle OBES leveren warmte met een warmtepomp welke een COP van 5 (ruimteverwarming) en 3 (tapwater) heeft.

In Tabel Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document.-10 zijn de resultaten van het basisscenario samengevat. Hierin is te zien dat de energiebehoeftes ongelijk verdeeld zijn over het projectgebied. De hoogste benuttingsgraad wordt verwacht in Paasheuvelweggebied, gevolgd door Urban District en Arenapoort West. In deze gebieden is ordening belangrijker dan in Arenapoort Oost.

Tabel Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document.-10 Resultaten basisscenario - doubletten met filters van 50 m

	Aantal doubletten	Minimale bronafstand	L/R <sub>th</sub>	Benuttingsgraad F <sub>s</sub>
	#	m	-	%
Amstel III Paasheuvelweggebied	14	96	1,0	33%
Amstel III Urban District	21	99	1,0	29%
Arenapoort Oost	6	83	1,2	10%
Arenapoort West	11	107	0,9	27%

<sup>5</sup> De geschikte pakketdiepte is 110 m (tussen NAP -70 m en NAP -180 m, maar vaak is niet het gehele dikte voldoende doorlatend is om een filter te plaatsen.

<sup>6</sup> Monovalent houdt in dat de warmte of koude vanuit 1 bron wordt voorzien, in dit geval de bodem.



	Aantal doubletten	Minimale bronafstand	L/R <sub>th</sub>	Benuttingsgraad F <sub>s</sub>
	#	m	-	%
Totaal	52			25%

### iii. Langere filters

Als er wordt gekozen om langere filters toe te passen is minder strikte ordening nodig, en is er meer flexibiliteit voor ontwikkelaars om in te spelen op veranderende eisen van bovengrondse ontwikkelingen in de toekomst, en kunnen meer OBES geplaatst worden in het gebied. In Tabel Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document.-11 zijn de resultaten van het scenario met lange filters samengevat.

Als er langere filters worden geplaatst, is de verhouding L/R<sub>th</sub> iets minder gunstig, en kan minder van de opgeslagen energie worden teruggewonnen. Ook moet er dieper geboord worden, wat hogere kosten met zich mee brengt.

Tabel Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document.-11 Resultaten scenario met langere filters - doubletten met filters van 100 m

	Aantal doubletten	Minimale bronafstand	L/R <sub>th</sub>	Benuttingsgraad F <sub>s</sub>
	#	m	-	%
Amstel III Paasheuvelweggebied	14	68	2,9	16%
Amstel III Urban District	21	70	2,9	15%
Arenapoort Oost	6	59	3,4	5%
Arenapoort West	11	76	2,6	14%
Totaal	52			13%

### iv. Monobronnen

In Tabel Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document.-12 zijn de resultaten van de monobronnen scenario samengevat. Door de grote dikte van het watervoerend pakket is de toepassing van monobronnen mogelijk in dit gebied. Indien voor monobronnen wordt gekozen, dienen een warme en een koude dieptelaag aangemerkt te worden, waar de relevante monobron filters geplaatst moeten worden, met een tussenlaag om de warme en koude bellen te scheiden. Filters van monobronnen benutten 80 m van de aquifer dikte (40 m koude filter en 40 m warme filter). Hierdoor is de benuttingsgraad lager en is er meer vrijheid voor plaatsing van bronnen.

Als er voor het hele gebied wordt gekozen voor monobronnen kunnen nieuwe bronnen overal in het gebied geplaatst worden, mits de warme filters in de bovenkant en de koude filters in de

onderkant van het watervoerend pakket geplaatst worden. Bij het ontwerp van de OBES dient gelet te worden op maximale verlagingen van de stijghoogte bij gelijktijdig bedrijf van alle OBES in het gebied.

Tabel Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document.-12 Resultaten monobronnen scenario - met filters van 40 m

	Aantal bronnen	Minimale bronafstand	L/R <sub>th</sub>	Benuttingsgraad F <sub>s</sub>
	#	m	-	%
Amstel III Paasheuvelweggebied	56	-	1,5	21%
Amstel III Urban District	87	-	1,5	18%
Arenapoort Oost	22	-	1,6	6%
Arenapoort West	46	-	1,4	17%
<b>Totaal</b>	<b>211</b>			<b>16%</b>

### c. Bivalent systeem

In de hierboven omschreven scenario's is uitgegaan van een monovalent systeem, waarbij al het vermogen door het OBES moet worden geleverd. Alle hierboven genoemde concepten kunnen ook als bivalent systeem uitgevoerd worden. De benodigde ruimte in de diepe ondergrond neemt maar beperkt af, omdat met een relatief klein percentage van de piek capaciteit nog steeds het grootste deel van de energievraag met het bodemenergiesysteem wordt geleverd. Wel neemt dan het aantal benodigde bronnen af omdat deze in de bovenstaande scenario's wordt bepaald door het gewenste piekvermogen.

### d. Collectief systeem

OBES kan ook collectief aangelegd worden. Daarbij wordt er een laag-temperatuur warmte- en koudenet aangelegd, en worden de bronnen en gebruikers (gebouwen) op het net aangesloten. Hierdoor kan geprofiteerd worden van schaalvoordelen, zoals gunstigere inkoopvoorwaarden, efficiëntere vergunning- en aanlegtraject en één centrale installatie voor het laden van warmte uit het oppervlaktewater of uit datacenters. Er moeten wel meer horizontale leidingen worden aangelegd of zelfs een distributienet.

Sommige projecten hebben warmte over, anderen hebben koude over. In een collectief OBES kunnen de deelnemers onderling warmte- en koude bovengronds of via het laag-temperatuur warmte- en koudenet uitwisselen. Hierdoor is het benodigd ondergronds volume (en benuttingsgraad) lager, en is de noodzaak van ordening kleiner. De collectieve OBES kan in eigendom en/of beheer van een externe partij geplaatst worden, zoals een lokale warmtecoöperatie of een Energy Service Company (ESCO), die alle gebruikers ontzorgt en warmte/koude levert. Enkele nadelen zijn de benodigde afstemming, het vinden van een investeerder en dat gebouweigenaren vervolgens vast zitten aan één leverancier.

## e. Vergelijking van de concepten

In Tabel Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document.-13 zijn de concepten kwalitatief vergeleken t.o.v. het basisscenario. **Monobronnen** kunnen efficiënter zijn doordat de filters korter zijn, maar zijn duurder om aan te leggen, omdat er meer dan twee keer zoveel bronnen nodig zijn dan bij toepassing van doubletten (een monobron heeft een veel lagere maximaal debiet dan een doublet). Of de ondergrondse ruimte beter wordt benut met monobronnen hangt van de exacte inrichting van het systeem. Gebruik van **langere filters** is duurder omdat er dieper geboord moet worden, en is thermisch minder efficiënt maar heeft een kleinere 'voetafdruk' doordat de thermische straal kleiner wordt.

Een **bivalent systeem** is complexer en duurder omdat er meerdere componenten aangelegd en onderhouden moeten worden, maar kan significant efficiënter zijn. Het benodigde aantal bronnen is afhankelijk van het gevraagde maximale debiet. Als het maximale debiet door toepassing van een bivalent systeem beperkt kan worden, zijn er 30 à 50% minder bronnen benodigd, ten opzichte van een monovalent systeem.

De minimale bronafstand en de benuttingsgraad zijn afhankelijk van het seizoensdebiet en de filterlengte. Beperking van het seizoensdebiet door bijvoorbeeld bovengrondse uitwisseling van warmte en koude tussen de gebruikers of door directe inzet van oppervlaktewater voor koeling kan de benuttingsgraad omlaag brengen en risico op interferentie verlagen.

Tabel Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document.-13 Kwalitatieve beoordeling van de concepten t.o.v. het basisscenario (+ is goed, - is slecht).

	Aanlegkosten	Onderhoudskosten	Efficiency	Complexiteit	Organisatie	Ruimtegebruik
Basisscenario	o	o	o	o	o	o
Langere filters	-	o	o	o	o	+
Monobronnen	-	o	+	+	o	-
Bivalent systeem	-	-	+	-	-	o
Collectief systeem	o	+	+	-	-	+

Op basis van het basisscenario is de potentiële benodigde benuttingsgraad in de deelgebieden Amstel III Paasheuvelweggebied, Amstel III Urban District en Arenapoort West dusdanig dat het ordenen van bronnen in warme en koude stroken, gewenst is.

## 8. Conclusies en aanbevelingen

### a. Conclusies

Het gebied is zeer geschikt voor de toepassing van bodemenergie en de nu geplande energiebehoeftes kunnen met 50 à 55 doubletten worden voorzien. Op basis van het bouwprogramma is er sprake van een warmtetekort dat vanuit andere bronnen, zoals bijvoorbeeld datacenters of oppervlaktewater, moet worden aangevuld.

In principe is er genoeg ruimte om het geplande bouwprogramma te realiseren met OBES. Voor de deelgebieden Paasheuvelweggebied, Urban District en Arenapoort West wordt voorzien dat de energiebehoefte dermate hoog is dat ordeningsregels wat betreft het toepassen van open bodemenergiesystemen nodig zijn om het bodempotentieel voldoende te kunnen benutten (zonder dat gebruikers elkaar in de weg zitten). Ondanks dat de verwachte benuttingsgraad van het deelgebied Arenapoort Oost lager is dan voor de overige deelgebieden wordt op basis van de geplande ontwikkelingen toch verwacht dat ordeningsregels nodig zijn om te voorkomen dat ontwikkelingen die later in uitvoering komen geen gebruik meer kunnen maken van OBES door ruimtegebrek in de diepe en ondiepe ondergrond. Daarnaast is het wenselijk om collectieve en/of bivalente systemen toe te passen om de benodigde ruimte in de ondergrond te beperken.

Een ander aandachtspunt is het potentieel ruimtebeslag van leidingen tussen de bronlocaties en de technische ruimtes. Bij bronlocaties in de openbare ruimte zal een aanzienlijk deel van deze leidingen ook in de openbare ruimte liggen, waar in sommige gevallen al ruimtegebrek is door de (geplande) aanwezigheid van andere leidingen (o.a. elektra, telecom, water, riool, warmtenetten) en groeiplaatsen voor bomen. Als de bronnen van een doublet circa 120 m uit elkaar geplaatst worden, is er in het onderzoeksgebied meer dan 6.000 m aan leidingen nodig. Ervan uitgaand dat een leiding een ruimtebeslag heeft van 2 m breed is circa 12.000 m<sup>2</sup> aan ruimte vereist. Deze ruimte vinden en reserveren is een niet te onderschatten opgave. Door slim te plaatsen kan een deel van deze ruimte gevonden worden in de footprint van de nieuwe gebouwen (kelders). Het aantal leidingen in de openbare ruimte is te verminderen door te sturen op bronnen op de kavels. In verband met beperkte kavelgrootte zijn in dat geval mogelijk alleen monobronnen mogelijk, of doubletten waarbij de koude bron op een andere diepte wordt geplaatst dan de warme bron.

### b. Aanbevelingen

Aanbevolen wordt om:

1. De kansen voor directe warmtelevering en opslag van warmte vanuit datacenters en directe inzet van oppervlaktewater voor koeling in het gebied in kaart te brengen. Hiermee kan de benuttingsgraad omlaag gebracht worden en risico op interferentie verminderd worden.
2. Ruimte te reserveren in de ondergrond voor pompputten en leidingen benodigd voor OBES (zie Figuur Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document.-9 voor een voorbeeld van een bronput).

3. Bestaande OBES in het gebied te controleren op gebruik van de vergunde ruimte, en indien nodig, vergunningen 'af te slanken'.
4. De in deze rapportage genoemde ordeningsregels (hoofdstuk 2) en zoekgebieden voor warme en koude bronnen op te nemen in het beleid.



Figuur Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document.-9 Bronput van een OBES [12].

## Bronnen

- [1] Methods for planning of ATEs systems, Bloemendal, M., Jaxa-Rozen, M., Olsthoorn, T., Applied Energy 216 (2018).
- [2] Analysis of the impact of storage conditions on the thermal recovery efficiency of low-temperature ATEs systems, Bloemendal, M., Hartog, N., Geothermics 71 (2018).
- [3] ATEs systems in aquifers with high ambient groundwater flow velocity, Bloemendal, M., Olsthoorn, T.N., Geothermics 75 (2018).
- [4] Masterplan inpassing warmte-/koudevoorziening Strandeiland, IF-Technology, 14-01-2020, kenmerk 67336/BZ/20200114
- [5] E-mail Felix Behrends, d.d. 19 mei 2020.
- [6] Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN3), [www.ahn.nl](http://www.ahn.nl)
- [7] <https://www.dinoloket.nl/>
- [8] Hullenbergweg 1 t/m 135 Amsterdam, Effectenstudie open bodemenergiesysteem, IF Technology, d.d. 19 december 2019, kenmerk 69268/EZ/20191224
- [9] Legger waterschap Amstel, Gooi en Vecht, <http://waternet.maps.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?webmap=882acee467fb4a07825f3d5d04509f62>, laatst bezocht 03-04-2020.
- [10] [http://decentrale.regelgeving.overheid.nl/cvdr/xhtmloutput/Historie/Amsterdam/377466/377466\\_2.html](http://decentrale.regelgeving.overheid.nl/cvdr/xhtmloutput/Historie/Amsterdam/377466/377466_2.html)
- [11] Bodemenergieplan Beurskwartier te Utrecht, TTE Consultants B.V., Projectnummer C17020, d.d. 3 mei 2018.
- [12] <https://www.duurzaambo.nl/kennisbank/planet/2-uncategorised/4044-wko>, laatst bezocht 09-04-2020
- [13] Ontwikkeling Bullewijk Amsterdam, Inventarisatie energiebehoefte en inpassing bodemenergie, IF-Technology BV, 16 september 2020





## **Bijlage(n)**



# Gemeente Amsterdam

## Kaart interferentiegebied

### Legenda

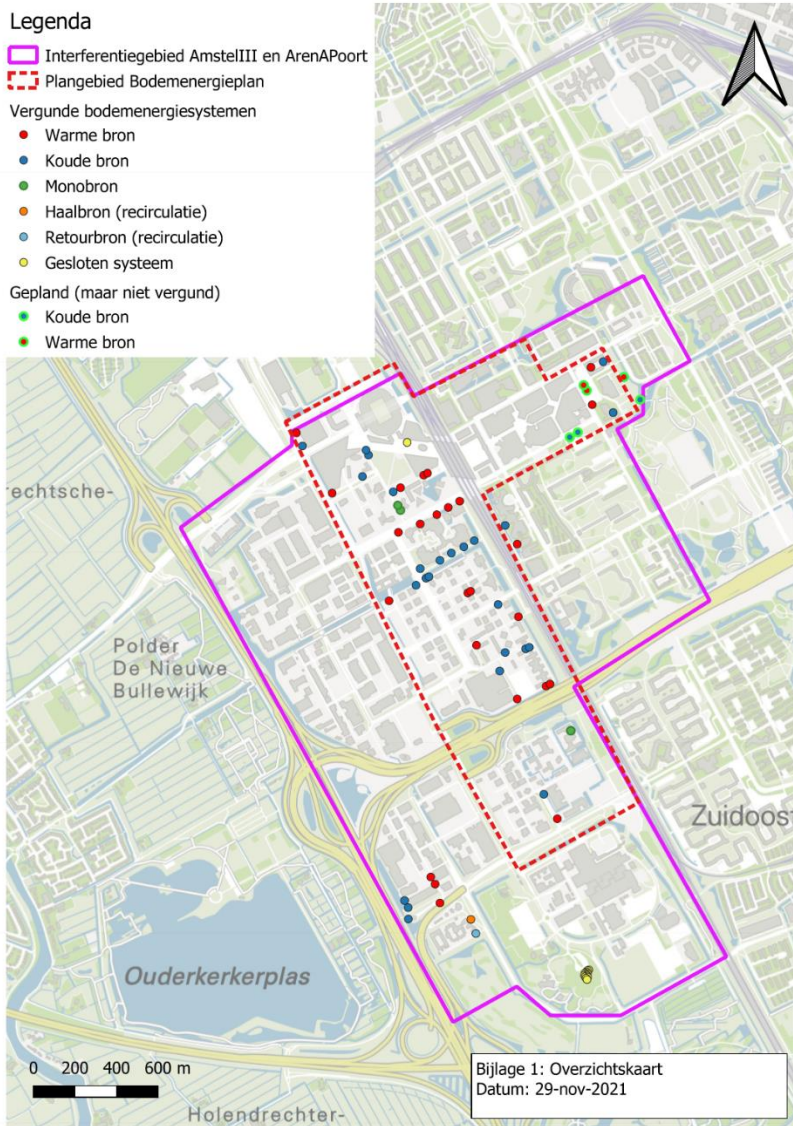
- Interferentiegebied AmstelIII en ArenAPoort
- Plangebied Bodemenergieplan

#### Vergunde bodemenergiesystemen

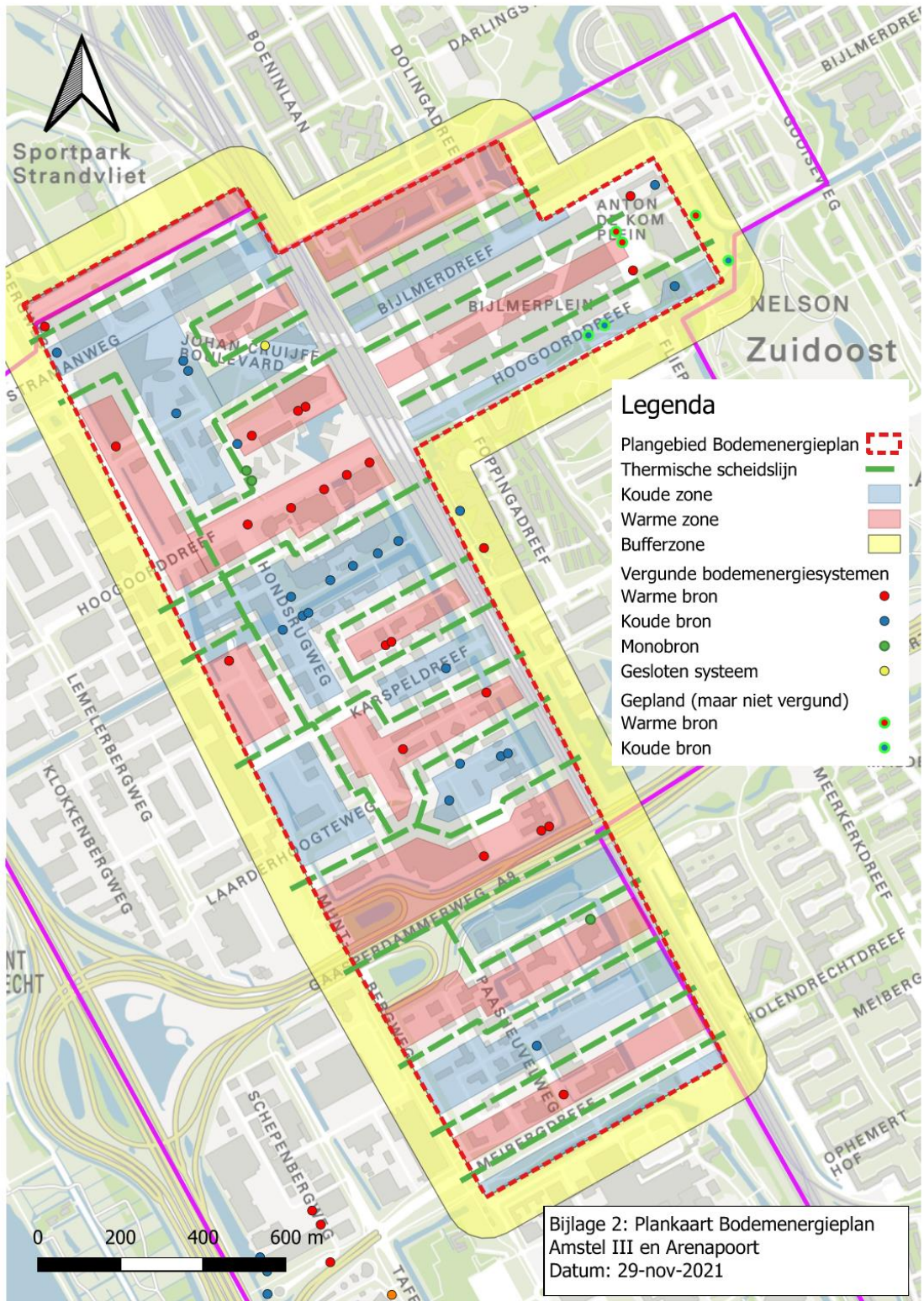
- Warme bron
- Koude bron
- Monobron
- Haalbron (recirculatie)
- Retourbron (recirculatie)
- Gesloten systeem

#### Gepland (maar niet vergund)

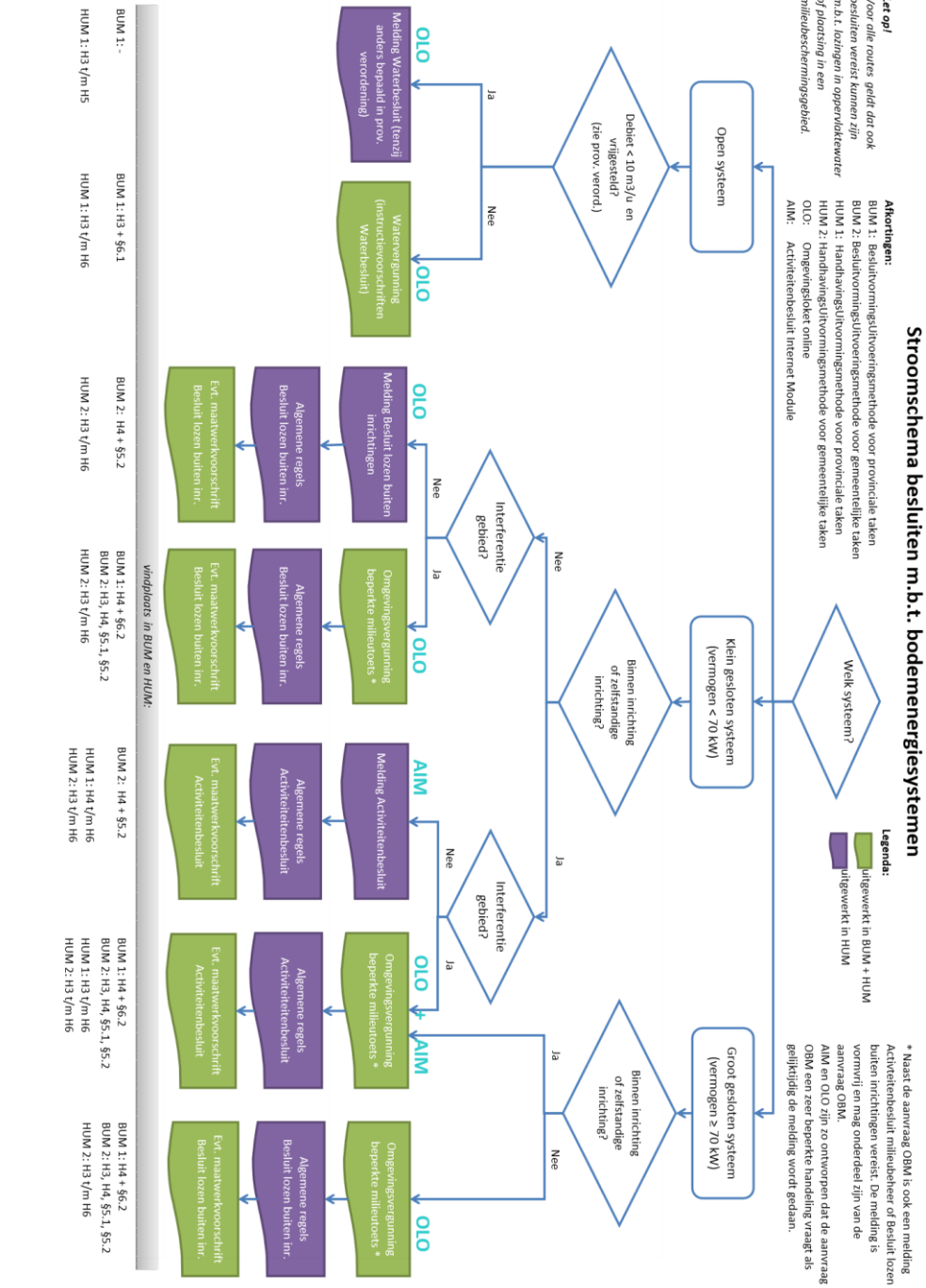
- Koude bron
- Warme bron



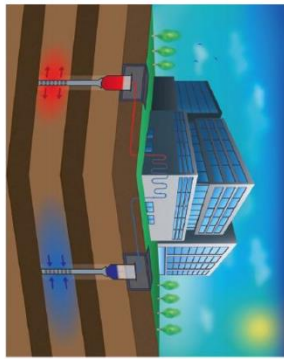
# Plankaart



# Stroomschema besluiten m.b.t. bodemenergiesystemen



# Processchema toepassen van WKO in de openbare ruimte



Aanhoren gegevens installatieruimte in gebouw  
 Aanleveren gegevens WKO-bronnen (coördinaten en watervergunning)  
 Opslaan opstaatrecht aanleiding WKO opstaatrecht aanleiding: g. installatieruimte  
 Opslaan opstaatrecht aanleiding: g. bijzijlig met de erfpaarzaamheid opslaan erfpaarzaamheid binnen zelfde erfp. aanspreken  
 Opslaan op erfpaarzaamheid: g. erfpaarzaamheid mogelijk passen en lijnreus

**Opmerkingen:**  
 - 1 en 2 kunnen parallel lopen mits vooroverleg met voorstel locatie met IB is geweest.  
 - De watervergunning wordt bij de Provincie aangevraagd en wordt behandeld door de openbare ruimte.  
 - De watervergunning wordt ook gevraagd aan het bodemenergieplan A en III.  
 - Als 1 en 2 bekend zijn dan kan een opstalrecht voor de WKO bronnen en installatieruimte opgesteld worden. Deze opstalrechten moeten mee in het erfpaar van het desbetreffende gebouw. Dus voor start bouw.  
 - 4 en 5 kunnen mogelijk eerder maar worden een paar weken voor start uitvoering aangevraagd

