



Masterplan Bodemenergie Amsteloever

Verkenning van de mogelijkheden voor Open
Bodemenergiesystemen

Auteur(s)

Michael Afanasyev

Opdrachtgever

Grond en Ontwikkeling Amsterdam

Contactpersoon

Marga Poiesz

Kenmerk

2020-1000044

Opsteller	Goedgekeurd en vrijgegeven	Paraaf	Datum
M. Afanasyev	M. Bloemendal (KWR)	Digitaal	22 september 2020
	L. Kleinegris (gemeente Amsterdam)	Digitaal	10 december 2020

Inhoud

Samenvatting	4
1 Inleiding	6
1.1 Aanleiding	6
1.2 Opdrachtformulering	7
1.3 Leeswijzer	7
2 Energiebehoefte plangebied	8
2.1 Ontwerpprincipes	8
2.2 Warmte en koude vraag	12
2.3 Maximale en seizoensdebieten	13
3 Omgevingsaspecten	15
3.1 Maaiveldhoogte	15
3.2 Grondonderzoek en bodemschematisatie	15
3.3 Grondwater	15
3.4 Grondwaterkwaliteit	16
3.5 Oppervlaktewater	16
3.6 Aanwezige en toekomstige belangen in en om het gebied	16
4 Bodemenergiebeleid	20
5 Conceptueel bodemenergieplan	22
5.1 Benuttingsgraad	22
5.2 Bodemenergieconcepten	22
5.3 Monovalent of bivalent systeem	26
5.4 Collectief systeem	26
6 Conclusies en aanbevelingen	29
6.1 Conclusies	29
6.2 Aanbevelingen	30
Bronnen	32

Bijlagen

Bijlage 1 - Warmte/koudevraag Amsteloever

Bijlage 2 - Stroomschema besluiten m.b.t. bodemenergiesystemen

Samenvatting

Voor het gebied Amsteloever staat een transformatie naar een intensief woonwerkgebied en daaraan gekoppelde grootschalige herinrichting van de openbare ruimte op de planning. Een van de opties voor duurzame energievoorziening is aanleg van Open Bodemenergiesystemen (OBES). Om te bepalen of en hoe de te realiseren bronnen per ontwikkellocatie mogelijk zijn en hoe deze elkaar beïnvloeden is dit **Masterplan bodemenergie** opgesteld. Als basis voor de mogelijkheden van toepassen van deze systemen is een studie naar de bodemgeschiktheid uitgevoerd en is de energievraag voor warmte- en koude van de onderscheiden deelprojecten indicatief bepaald, op basis van kentallen. Dit rapport geeft een **indicatie van de te verwachten drukte in de ondergrond** en biedt handvatten om doelmatig gebruik van de ondergrond in dit gebied te bevorderen, om afstemming tussen de belanghebbenden in het gebied mogelijk te maken. Het is **geen effectenstudie** en kan niet gebruikt worden ter onderbouwing van eventuele vergunningaanvragen.

In Amsteloever is het mogelijk om **doublotten of monobronnen met een debiet van maximaal resp. 250 m³/uur of 60 m³/uur te realiseren**. De benuttingsgraad is afhankelijk van de filterlengte. Bij doublotten met filters van 50 m (vergelijkbaar met het gemiddelde van OBES in Amsterdam) is de benuttingsgraad circa 37%, en is het noodzakelijk om (enige) ordening in de ondergrond toe te passen om interferentie te voorkomen.

Naar schatting zijn **7 doublotten (met 14 bronnen) of 26 monobronnen benodigd** om in de energiebehoeftes met OBES te voorzien. Het benodigde aantal bronnen is bepaald door het gevraagde maximale debiet. Als het maximale debiet door toepassing van een bivalent systeem beperkt kan worden, zijn er minder bronnen benodigd. Beperking van het seizoen debiet door bijvoorbeeld bovengrondse uitwisseling van warmte en koude tussen de gebruikers of door directe inzet van oppervlaktewater voor koeling kan de benuttingsgraad verbeterd worden en risico op interferentie verminderd. **Een collectief systeem kan voordelen hebben bij de aanleg en het beheer, maar levert beperkingen ten aanzien van de fasering en autonomie van de systemen.** Het gebied is compact genoeg voor aanleg van een lokaal laagtemperatuur warmte-koudenet, en gebruik van oppervlaktewater voor aanvulling van warmtebehoefte is mogelijk.

Het type bronnen, positionering van de bronnen, de bronafstanden en de filterstellingen dienen door de ontwikkelende partijen in een volledige ontwerp- en effectenstudie te worden berekend. **Bronnen dienen bij voorkeur op de eigen kavel geplaatst te worden.** Aanbevolen wordt om de bronposities met thermische straal en invloedsgebied op te nemen in **een bronnenplan voor dit gebied en door de gemeenteraad Amsterdam vast te leggen in de interferentieverordening.** Daarnaast moet door alle partijen in een vroeg stadium veel aandacht besteed worden aan de ruimtelijke planning, om de plaatsing van de vele bronnen en leidingen mogelijk te maken.

Sterk aanbevolen wordt om voor de **regeneratie** gebruik te maken van het nabijgelegen oppervlaktewater: zowel vanuit oogpunt **van efficiency en duurzaamheid** als vanuit beperking ruimtegebruik. Het oppervlaktewater kan, als de temperatuur van het water hoger is dan de brontemperatuur, direct als bron worden ingezet voor warmtelevering. Hiermee kunnen de bronnen kleiner (en dus goedkoper) worden gedimensioneerd en leveren hiermee een bijdrage aan het zo noodzakelijk **efficiënt bodemgebruik**. Het alternatief voor regeneratie met drycoolers is ongewenst omdat deze ruimte vergen die benodigd is voor groenvoorziening en PV-toepassingen. Bovendien zijn drycoolers ongewenst omdat zij aanzienlijke geluidsoverlast geven, met name ten opzichte van opgaande gevels. Deze overlast wordt voorkomen met regeneratie met oppervlaktewater.

Aparte regeneratie **inname- en uittrede punten** per deelproject is onwenselijk omdat de uitlaat van de stroomopwaartse leiding de inlaat temperatuur van de stroomafwaartse leiding beïnvloedt, hetgeen niet wenselijk is. Het verdient dan ook sterk de voorkeur om deze regeneratie collectief te organiseren met slechts één inname en één uittredepunt, eventueel per deelcluster. Ook voor Waternet zal dit wenselijk zijn in verband met waterkering doorvoeren en invloed op de waterkwaliteit.

Tevens is het hierbij van belang dat oppervlaktewater kan worden ingezet om het warmtetekort aan te vullen en/of om direct te koelen. Hiermee kan de **benuttingsgraad** verbeterd worden en het risico op interferentie verminderd. De aanleg van collectieve regeneratievoorziening is de verantwoordelijkheid van de ontwikkelende partijen, in eventuele samenwerking met Waternet. Aanbevolen wordt dit gesprek met **Waternet** aan te gaan om te bespreken

1. Hoe en wanneer een aanvraag en ontwerp hiertoe opgezet kan worden
2. Welke rol Waternet hierin kan vervullen
3. Wie welke regie hierin kan hebben indien het initiatief bij de projectontwikkelaars blijft

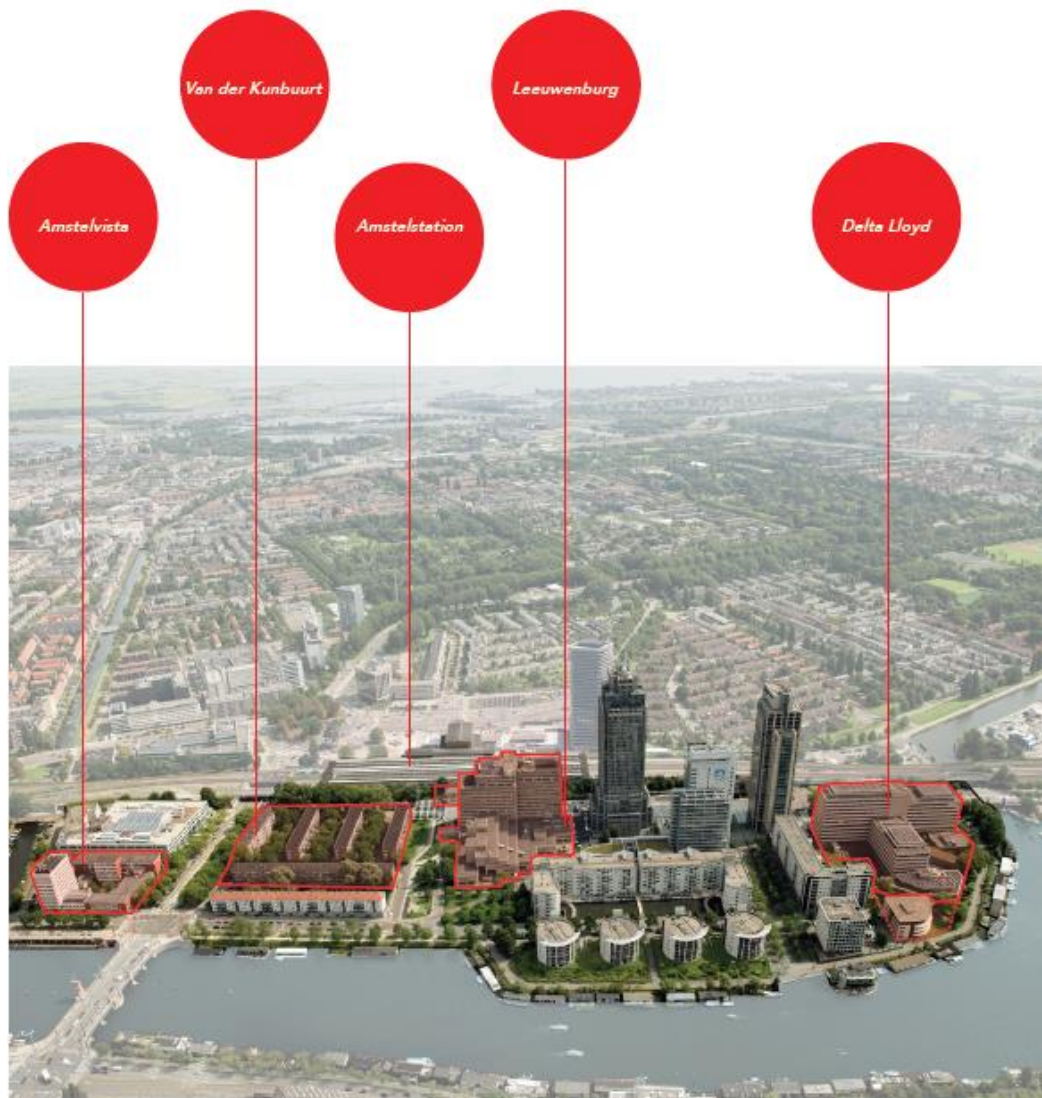
Het is voor de goede aanleg en een blijvende succesvolle exploitatie van groot belang dat al de huidige en toekomstige initiatiefnemers/eigenaren van OBES eerst en vooral tot onderlinge afspraken komen. De **gemeente Amsterdam** kan, op verzoek van de initiatiefnemers/eigenaren van OBES het onderling overleg faciliteren, om de plaatsing van de vele bronnen en leidingen mogelijk te maken. De gemeente is hierin faciliterend, vergunningverlenend en is regievoerend in het openbaar gebied. Overigens geldt hierbij dat voor eventueel noodzakelijke verleggingen van bestaande kabels en leidingen door de aanleg van warmte- en koude leidingen de afspraken van het coördinatie stelsel in Amsterdam worden gehanteerd.

Alle partijen betrokken bij het ontwerp, de ontwikkeling en uitvoering, maar ook in de onderhouds- en beheer fase van OBES moeten beschikken over de vereiste **certificeringen** in het kader van de BRL 11000 en BRL 6000-21. Dit is wettelijk verplicht en hiermee wordt geborgd dat de systemen ook daadwerkelijk de beoogde (energie)prestaties leveren.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Voor het gebied Amsteloever staat een transformatie naar een intensief woonwerkgebied en daaraan gekoppelde grootschalige herinrichting van de openbare ruimte op de planning. Het gebied wordt deels herontwikkeld en/of gerenoveerd en deels sloop/nieuwbouw. Het gebied bestaat uit meerdere ontwikkellocaties, zoals in Figuur 1-1 is weergegeven.



Figuur 1-1 Ontwikkellocaties [1]: A. Amstelvista, B. Van der Kunbuurt, C. Leeuwenburg en D. Delta Lloyd

Voorliggende rapportage betreft de Masterplan bodemenergie voor het gebied Amstelstation-Amsteloever, op de coördinaten $X = 122.750$ tot 123.000 en $Y = 483.900$ tot 484.600 .

Een van de opties voor duurzame energievoorziening is aanleg van Open Bodemenergiesystemen (OBES). Een individuele OBES-oplossing per ontwikkellocatie (projecteigenaar) zou mogelijk zijn zonder interferentie. Mochten echter de overige gebieden in Amsteloever gaan ontwikkelen en een OBES willen realiseren dan kan hierdoor thermische interferentie in de ondergrond ontstaan. Een optie zou dan kunnen zijn een collectieve installatie voor het gehele gebied te realiseren: koude en warmtebronnen kunnen dan gekoppeld worden. De ontwikkelaars hebben echter aangegeven dat zij de voorkeur hebben ieder individueel te ontwikkelen, mede ook vanwege het eigen planningsproces. Een derde optie is gestuurde aanleg van individuele systemen, waarbij voldoende ruimte gereserveerd wordt voor toekomstige ontwikkelingen.

Om te bepalen of en hoe de te realiseren bronnen per ontwikkellocatie mogelijk zijn en hoe deze elkaar beïnvloeden, is op basis van de aangeleverde warmtekoude vraag per ontwikkellocatie (aangeleverd door de individuele partijen) dit Masterplan bodemenergie opgesteld.

1.2 Opdrachtformulering

Gemeente Amsterdam Ingenieursbureau heeft van Grond en Ontwikkeling Amsterdam de opdracht gekregen om:

1. in beeld te brengen welk rol bodemenergie kan spelen in de duurzame energievoorziening van het gebied;
2. te bepalen wat het benodigde ondergrondse ruimtebeslag van deze systemen zal zijn;
3. nagaan of de zoeklocaties voor een nieuwe koude bron voor OBES The Cloud een conflict oplevert met de belangen van andere geplande OBES;
4. onderzoeken in welke mate aanvullend beleid nodig is om optimaal gebruik van de ondergrond te waarborgen.

Het doel van dit Masterplan is de toepassing van toekomstige OBES in het projectgebied Amsteloever te faciliteren en te sturen. Dit wordt gedaan door, in overleg met belanghebbenden, een concrete invulling te geven aan de configuratie van systemen. Het Masterplan is bedoeld als leidraad c.q. toetsingskader voor het ontwerpers van OBES, ontwerpers van de openbare ruimte (kabels en leidingen en maaiveld) en vergunningverlenende instanties. Het is geen effectenstudie en kan niet gebruikt worden ter onderbouwing van eventuele vergunningaanvragen.

1.3 Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 zijn enkele ontwerpprincipes uitgelegd en zijn de verwachte energiebehoeften in het gebied samengevat. In hoofdstuk 3 is een korte toelichting gegeven op de bodemopbouw en de geohydrologie van het gebied en zijn de in het gebied aanwezige belangen samengevat. Hoofdstuk 4 bevat het juridisch kader waarbinnen bodemenergie valt. In Hoofdstuk 5 is de informatie uit de 3 eerste hoofdstukken samengebracht aan de hand van meerdere scenario's het conceptueel bodemenergieplan beschreven, opgesteld op basis van de informatie in voorgaande hoofdstukken. In Hoofdstuk 6 zijn tenslotte de conclusies en aanbevelingen benoemd. In de bijlagen zijn opgenomen de Warmte/koudevraag Amsteloever en een Stroomschema besluiten m.b.t. bodemenergiesystemen.

2 Energiebehoefte plangebied

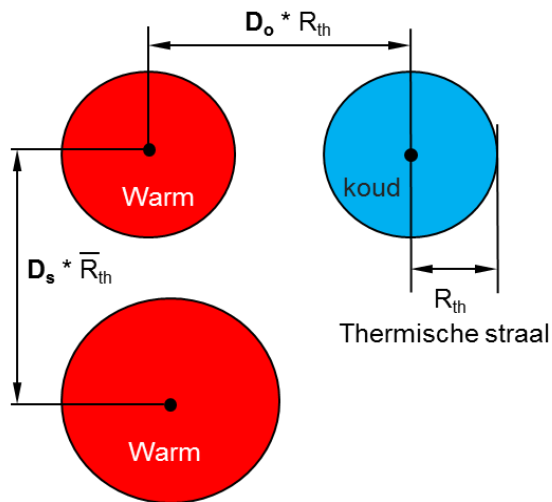
2.1 Ontwerpprincipes

2.1.1 Definities

- Hydrologische straal wordt bepaald door de hoeveelheid water die per seizoen (dus in een pomprichting) wordt geïnjecteerd en de filterlengte en poriefractie. Het is de afstand tot waar (horizontaal vanaf filter) het water in een seizoen komt;
- Het hydrologisch invloedsgebied is het gebied waar de stijghoogte minimaal 5 cm wordt beïnvloed;
- Het thermisch invloedsgebied is de maximale afstand waarop na 20 jaar meetbare veranderingen in de temperatuur in de ondergrond optreden (meer dan 0,5 °C), daarbij wordt rekening gehouden met de grondwaterstroming;
- Thermische straal is de afstand waarover de bodemmatrix per seizoen beïnvloed wordt. Deze is afhankelijk van de warmtecapaciteit van het water en van het zand, en is ongeveer gelijk aan $0,7 \cdot \text{hydrologische straal}$.

2.1.2 Afstand tussen de bronnen

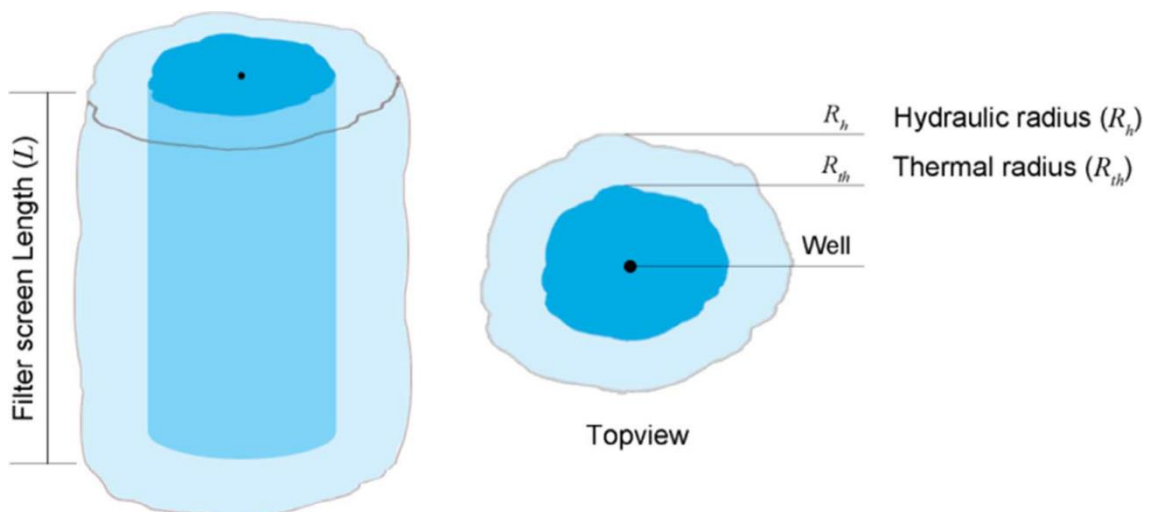
De optimale afstand tussen de bronnen is in de praktijk afhankelijk van het type bron, de bodemopbouw en de inrichting van het gebied als geheel. Optimale afstand tussen gelijksoortige bronnen (warm-warm of koud-koud) bedraagt 0,5 á 1,0 maal de thermische straal, optimale afstand tussen tegenovergestelde bronnen (warm-koud) bedraagt 2 á 2,5 maal de thermische straal. Hoe groter de afstand tussen bronnen van tegenovergesteld type, hoe minder kans op interferentie. In de praktijk is de afstand beperkt, bijvoorbeeld door de noodzaak om bronnen binnen een bouwkwel te plaatsen, of door de wens om de leidingen tussen de bronnen en de gebruiker kort te houden.



Figuur 2-1 Het principe van bronnenafstand (niet op schaal)

2.1.3 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_{th}/u) en tussen de filterlengte en de thermische straal (L/R_{th}), zie Figuur 2-2. Op deze locatie is de grondwaterstroming verwaarloosbaar, en heeft nagenoeg geen invloed op de efficiency¹ van de energieopslag. De verhouding L/R_{th} dient tussen 1 en 4 te liggen, waarbij de optimale waarde (meest thermisch efficiënte opslag) is 1,5 [2].



Figuur 2-2 Filterlengte en thermische en hydraulische straal [3].

¹ 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).

2.1.4 Benuttingsgraad

De benuttingsgraad F_S is gedefinieerd als het benodigd watervolume gedeeld door het volume van de aquifer [2]². De benuttingsgraad geeft een eerste indicatie in hoeverre er ruimtelijke planning noodzakelijk is in een gebied. Tot 25% is geen ordening nodig, tot 50% kan voldaan worden met simpele afstandsregels, zoals uitgelegd in paragraaf 2.1.2. Bij hogere vraag naar ondergrondse ruimte is een voorgeschreven verdeling van warme en koude bronnen in stroken nodig. De breedte en afstand tussen de stroken moeten minimaal tweemaal het gemiddelde thermische straal van OBES in het gebied zijn.

2.1.5 Productiviteit

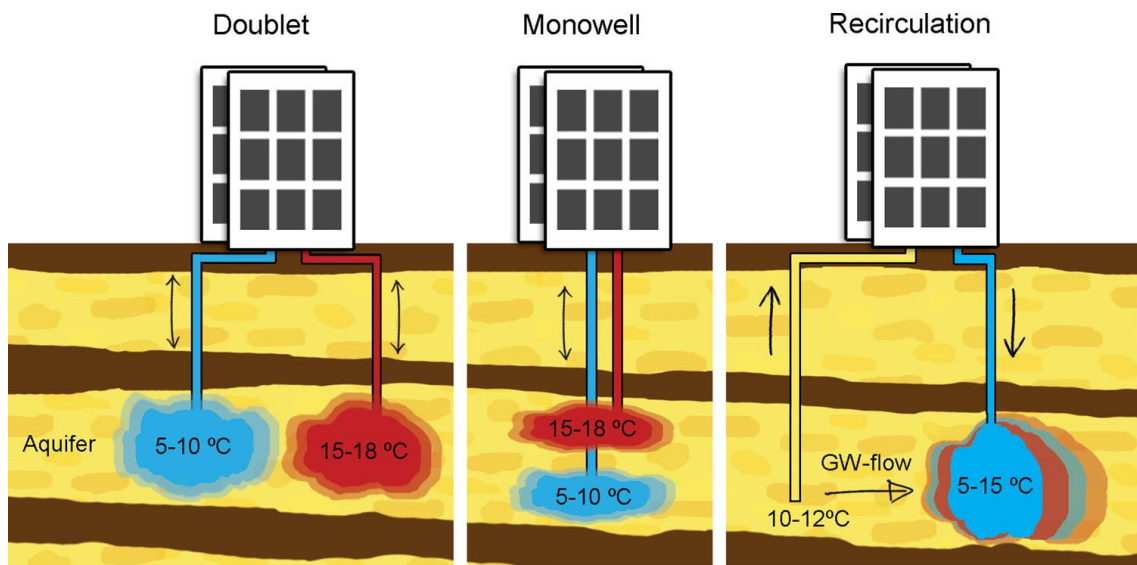
Productiviteit is het verschil in temperatuur tussen het toegevoegde en onttrokken water aan de bodem. Voor de efficiency van de OBES is het van belang dat de productiviteit hoog is (ΔT moet minimaal 6 °C zijn), zodat:

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.

2.1.6 Doublet en monobron concepten

Bodemtechnisch kunnen zowel doubletten als monobronnen toegepast worden op de locatie. In Figuur 2-3 is de opzet van OBES met een doublet (links), monobron (midden) en recirculatie (rechts) getoond. Voor een doublet dienen twee boringen gemaakt te worden. In Amsteloever kunnen doubletten met een debiet van maximaal 250 m³ gerealiseerd worden (dit is het maximale debiet wat in OBES-doublet bronnen in Amsterdam gerealiseerd wordt). Bij een monobron bevinden de warmte- en koude bron zich boven elkaar en worden daarmee met een boring gerealiseerd. In Amsteloever kunnen monobronnen met een debiet van maximaal 60 m³ gerealiseerd worden (dit is het maximale debiet wat in OBES monobronnen in Amsterdam gerealiseerd wordt). Een recirculatiesysteem wordt zelden toegepast, dit is van toepassing vooral in gebieden met hoge stromingssnelheid van het grondwater, en wordt hier verder niet behandeld.

² $F_S = V_{\text{water}} / (A_{\text{gebied}} * L_{\text{filter}})$



Figuur 2-3 Schematische weergave van doublet, monobron en recirculatie OBES [8].

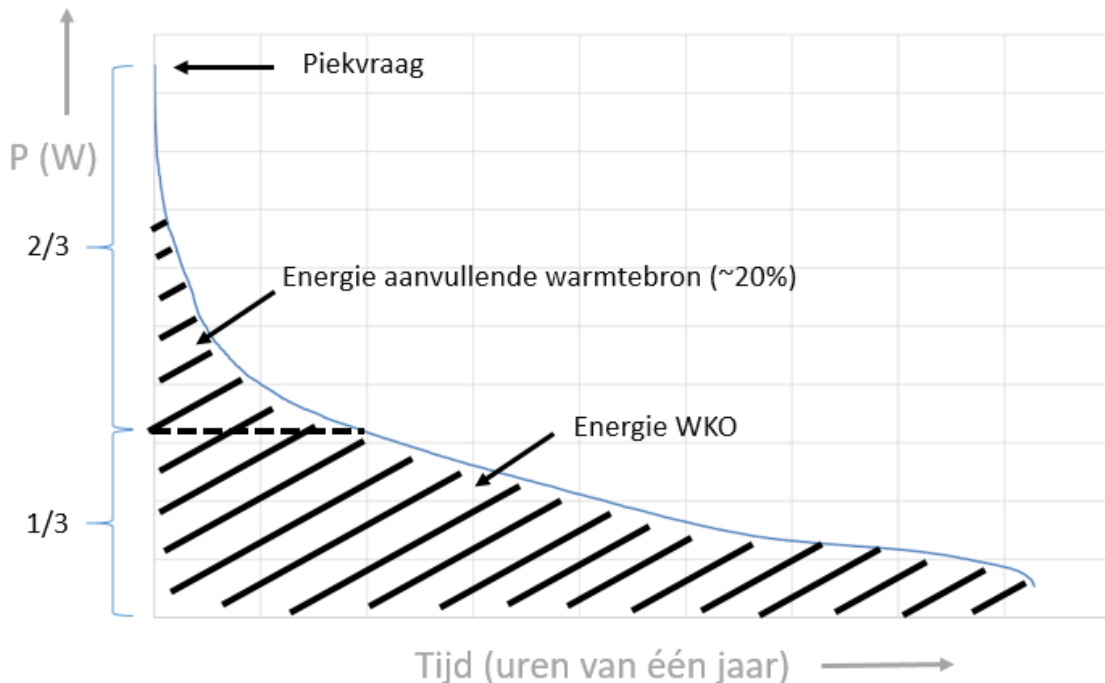
Elk type bronsysteem heeft zijn voor- en nadelen. De keuze voor het ene of het andere systeem is daarom niet eenduidig te maken en zal afhangen van voorkeuren van ontwerpende partijen.

Hieronder is een vergelijking van doubletten en monobronnen [10]:

- Doubletten
 - Grotere capaciteit per bron mogelijk (factor 4 tot 5 t.o.v. monobron);
 - Doubletten hebben minder bronlocaties nodig, daardoor minder ruimtebeslag en goedkoper in beheer;
 - Kostenefficiënter bij grote capaciteiten;
 - Relatief grote afstand nodig tussen de bronnen(clusters), waardoor veel leidinglengte.
- Monobronnen
 - Meer flexibiliteit ten opzichte van plaatsing van de bronnen (onderlinge afstand in 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.

2.1.7 Bivalent systeem

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 2-4 is de jaarbelastingduurkromme van een bivalent systeem getoond, dat het principe illustreert. De bodemenergiebronnen en warmtepompen kunnen dan kleiner en goedkoper worden uitgevoerd. Daartegenover staat investering in (duurzame) piekvoorzieningen.



Figuur 2-4 Jaarbelastingduurkromme bivalent systeem [11]. Indicatief, als 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.

2.1.8 Collectieve systemen

In drukke gebieden 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. Daarnaast kan een collectief systeem gefaseerd aangelegd worden, en kunnen nieuwe gebruikers 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.

2.2 Warmte en koude vraag

De te verwachten energiebehoefte voor warmte en koude in het gebied is door de gemeente opgesteld op basis van aangeleverde informatie van de ontwikkelaars en, bij ontbreken hiervan, zelf ingevuld op basis van kentallen (zoals warmtebehoefte per m² woningoppervlak). De berekening is opgenomen in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** en samengevat in Tabel 2-1. Kleine afwijkingen ten opzichte van opgegeven getallen is te verklaren uit nieuwe berekeningsmethoden. NB kleine afwijkingen leiden niet tot aanpassing van de resultaten. Bij het analyseren van de energiebehoefte zijn voor alle deelprojecten dezelfde kentallen gebruikt. Daarbij is geen rekening gehouden met eventuele gelijktijdigheid in vraag naar warmte en koude

en is directe koeling en/of regeneratie van warme bronnen vanuit oppervlaktewater niet meegenomen. Deze berekeningen zijn slechts indicatief, bij de vergunningaanvraag dient de ontwikkelende partij een effectenstudie ter ondersteuning in te dienen, gebaseerd op de meest actuele informatie over de energievraag van het deelproject.

Zoals uit de tabel blijkt, is de totale behoefte aan warmte (11.385 MWh/jaar) significant groter dan de totale behoefte aan koude (6.225 MWh/jaar). De warmtebehoefte is in alle projecten groter dan de koudebehoefte. Het is de bedoeling dat het overschot aan warmte in de zomer bij voorkeur geladen wordt vanuit het naastgelegen oppervlaktewater.

Tabel 2-1: Warmte en koude vraag.

	Warmte vermogen	Warmte behoefte	Warmte behoefte tapwater	Warmte behoefte totaal	Koude vermogen	Koude behoefte
	kW	MWh/jaar	MWh/jaar	MWh/jaar	kW	MWh/jaar
A - Amstelvista	1.155	724	578	1.302	1.170	670
B - Van Der Kunbuurt*	2.277	1.540	2.036	3.576	1.467	761
C - Leeuwenburg	3.080	1.888	1.111	2.999	3.440	2.000
D - Delta Lloyd	3.710	2.224	839	3.063	4.520	2.660
Totaal	10.623	6.646	4.739	11.385	10.855	6.225

*-Ontwikkeling Van Der Kunbuurt bestaat uit twee projecten, van Stadgenoot en van de Gemeente Amsterdam. De twee projecten kunnen vanuit 1 gezamenlijke OBES van warmte en koude voorzien. Het is eveneens mogelijk om binnen dit gebied twee afzonderlijke brondoubletten te realiseren (zie paragraaf 5.2.1).

2.3 Maximale en seizoensdebieten

Bij het bepalen van de maximale en seizoensdebieten zijn de volgende uitgangspunten gebruikt:

- Gemiddelde ΔT tussen de bronnen = 6 °C³;
- Alle koudevraag wordt uit te bronnen geleverd;
- Alle warmtevraag wordt uit de bodem geleverd, in combinatie met een warmtepomp die een Coëfficiënt of Performance (COP) van 5 heeft;
- Het deel van warmte dat vanuit de bodem geleverd wordt is $W_{\text{totaal}} * (COP - 1) / COP$;
Warmteonbalans wordt in de zomer aangevuld vanuit het oppervlaktewater (zie paragraaf 3.5).

³ In overleg met Omgevingsdienst Noordzeekanaalgebied wordt hiermee een redelijk minimale prestatie gerealiseerd

Tabel 2-2 Maximale en seizoensdebieten

	Verwarming		Koeling	
	Maximaal debiet	Gemiddeld seizoensdebiet*	Maximaal debiet	Gemiddeld seizoensdebiet
	m³/uur	m³	m³/uur	m³
A - Amstelvista	133	149.655	168	96.264
B - Van der Kunbuurt	262	411.034	211	109.339
C - Leeuwenburg	354	344.713	494	287.356
D - Delta Lloyd	426	352.069	649	382.184
Totaal voor alle deelprojecten	1.221	1.234.713	1.654	957.615

*- omdat er warmere en koudere seizoenen voorkomen, kan het seizoensdebiet verschillen in afzonderlijke jaren. "gemiddeld seizoensdebiet" betekent hier het seizoensdebiet in een gemiddeld jaar.

3 Omgevingsaspecten

3.1 Maaiveldhoogte

De maaiveldhoogte in het gebied varieert tussen NAP +3,0 m en NAP -0,5 m [4]. De gemiddelde maaiveldhoogte is circa NAP +1,0 m.

3.2 Grondonderzoek en bodemschematisatie

De bodemopbouw is bepaald op basis van de REGIS II v2.2 model uit het DINOlaket [5] en op basis van de Effectenstudie Grondwatersysteem Amsteltower-Amsterdam [6]. De bodemopbouw en geohydrologie zijn geschematiseerd in Tabel 3-1. De formatie van Peize en Waalre (2^e/3^e WVP) wordt in Amsterdam gebruikt voor OBES. In dit gebied ligt deze laag op NAP -60 m tot NAP -210 m.

Tabel 3-1: Schematisatie bodemopbouw en geohydrologie op projectlocatie

Diepte in m NAP		Dikte (m)	Bodemlaag	Geohydrologische schematisatie	Formatie	Geohydrologische parameters	
van	Tot					Kh (m/d)	C (d)
+1,0	-10 à -15	10 à 15	Zand, klei en leem	Deklaag	Holoceen	3	1.500
-10 à -15	-25	20 à 25	Matig fijn tot matig grof zand	1 ^e Watervoerend pakket (WVP ₁)	Boxtel en Eem	10	
-25	-30	5	Klei en leem	1 ^e scheidende laag (niet overal aanwezig)	Eem		250
-30	-50	20	Grof en middengrof zand	1 ^e Watervoerend pakket (WVP ₁)	Eem en Drente	20	
-50	-60	10	Klei	2 ^e scheidende laag	Drente		3.000
-60	-210	150	Grof en middengrof zand	2 ^e en 3 ^e Watervoerend pakket (WVP ₂ en WVP ₃)	Peize en Waalre	33	
<-210	-	-	Klei en zeer fijn zand	Geohydrologische basis	Maassluis		-

3.3 Grondwater

De grondwaterstand in de deklaag is circa NAP -0,50 m. De stijghoogte in het 1^e WVP is circa NAP -2,5 m, en de stijghoogte in het 2^e/3^e WVP is circa NAP -3,0 m.

Omdat de gemiddelde stijghoogte in het eerste watervoerend pakket lager is dan de grondwaterstand in de freatische laag is er in dit gebied sprake van inzijging waarbij grondwater

naar 1^e WVP stroomt (3 mm/dag). Vanwege de hoge weerstand van de 2^e scheidende laag wordt vrijwel geen inzijging verwacht vanuit het 2^e/3^e WVP naar het 1^e WVP.

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

3.4 Grondwaterkwaliteit

De redoxgrens, de grens waarop zuurstofhoudend water reikt en daarmee een risico op putverstopping geeft, ligt op een diepte van circa 15 m-mv.

De zoet/brak grens ligt naar verwachting onderaan de 1^e WVP, op NAP -35 m á NAP -45 m. De brak/zout grens ligt naar verwachting onderaan de 2^e SLD, en bovenin 2^e/3^e WVP, NAP -55 m à NAP -65 m.

In sommige OBES die filters in het bovenste deel van het pakket (tot NAP -90 à -100 m) hebben, 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.

3.5 Oppervlaktewater

De projectlocatie grenst aan de Amstel, zie Figuur 3-2. Dit oppervlaktewatersysteem heeft een streefpeil van NAP -0,4 m [7]. In de zomer is winning van warmte uit oppervlaktewater mogelijk, waardoor het water kouder wordt. Voor de toegestane afkoeling zijn nog geen normen. Onttrekking is alleen mogelijk als de watertemperatuur voldoende hoog is (in verschillende bronnen worden minimale temperaturen van 15 á 18 °C genoemd), de temperatuurdaling 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 periode in het jaar waarin warmte vanuit het oppervlaktewater geladen kan en mag worden.

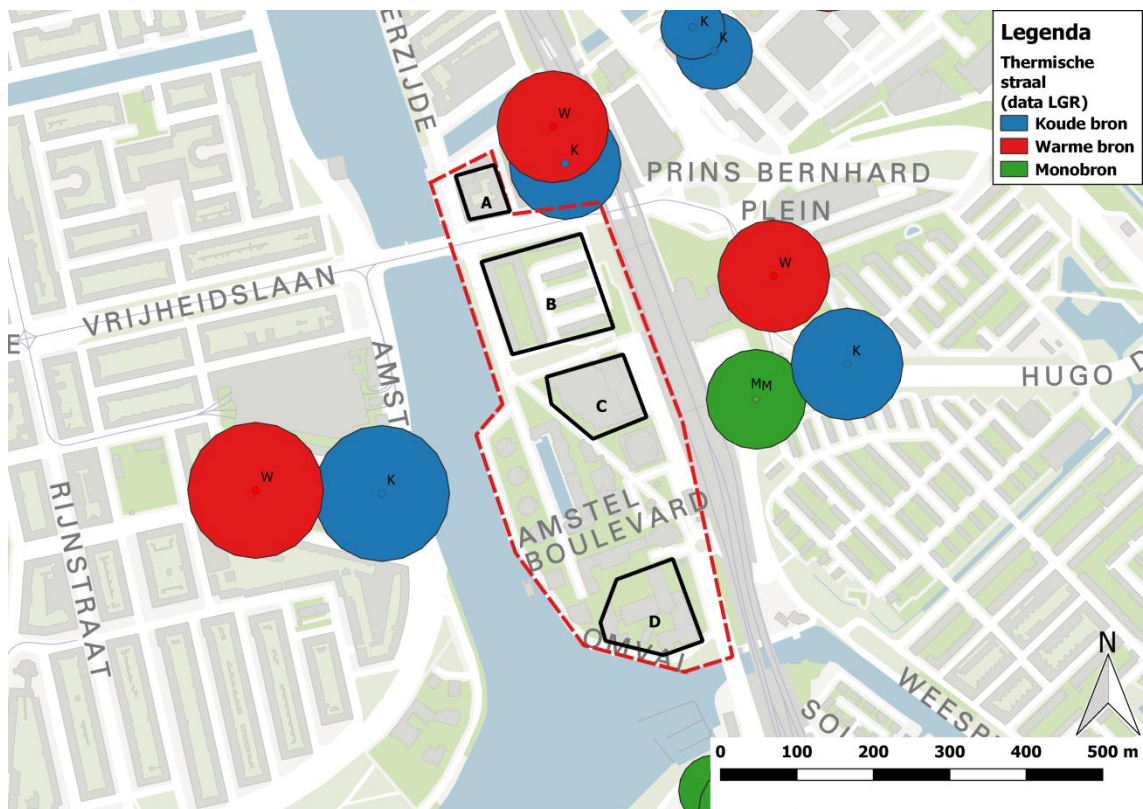
3.6 Aanwezige en toekomstige belangen in en om het gebied

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

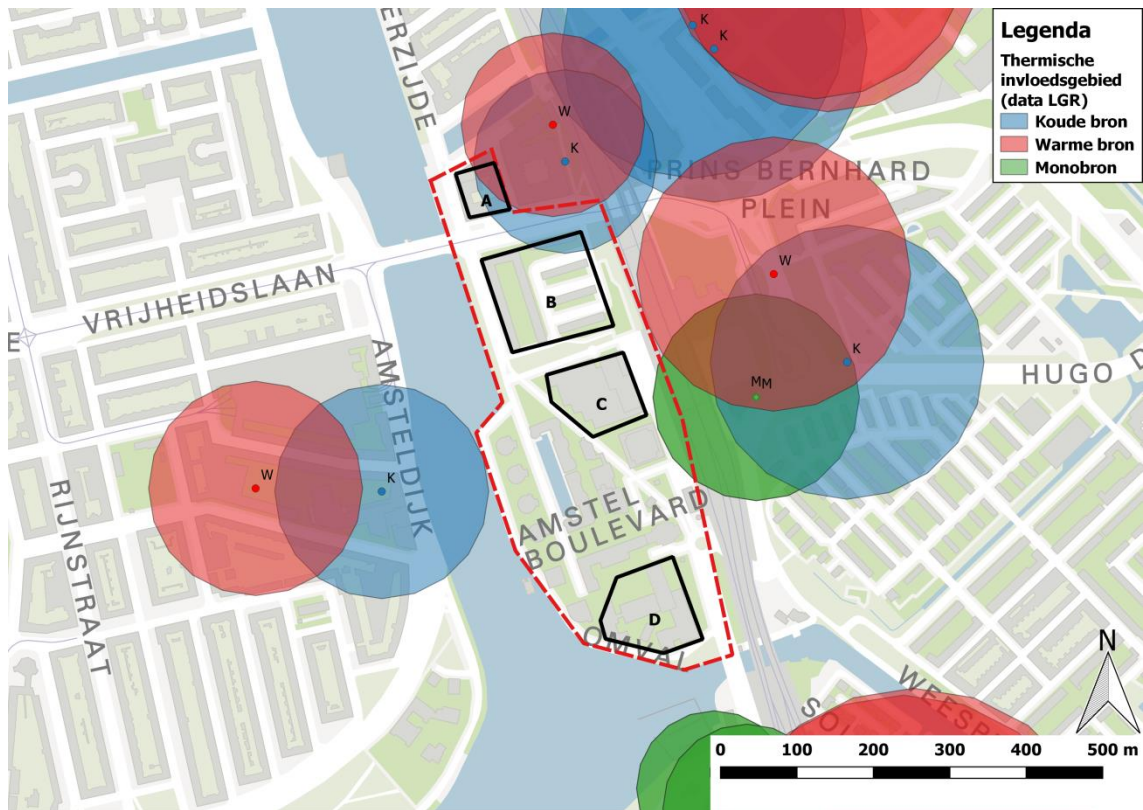
- andere grondwatergebruikers, waaronder OBES;
- gesloten bodemenergiesystemen;
- spoor- en metrolijnen;
- waterkeringen.

In Amsterdam is de grondwaterstroming (zeer) gering; hierdoor is er nauwelijks sprake van vervorming van het thermisch beïnvloed gebied. In Figuur 3-1 en Figuur 3-2 zijn de thermische stralen en de thermische invloedsgebieden van bestaande bodemenergiesystemen (respectievelijk na 1 seizoen en na 20 jaar) getoond, o.b.v. gegevens in het Landelijk Grondwater Register (ontvangen van de Omgevingsdienst Noordzeekanaal). De belangrijkste gegevens van de OBES in de omgeving zijn in Tabel 3-2 samengevat.

Uit praktijkervaring blijkt dat het vergund debiet (en bijbehorende thermische invloedsgebied) meestal hoger is dan het daadwerkelijk gerealiseerde maximale capaciteit. De maximale capaciteit wordt in de praktijk zelden benut. De thermische invloedsgebieden in Figuur 3-2 moeten dan ook worden gezien als een worst-case scenario.



Figuur 3-1 Thermische stralen van de vergunde bodemenergiesystemen (na 1 seizoen), o.b.v. gegevens in het Landelijk Grondwater Register (ontvangen van de Omgevingsdienst Noordzeekanaal). De thermische stralen zijn berekend op basis van de debieten en de filterlengtes. Voor een deel van de systemen zijn de filterlengtes niet of foutief geregistreerd; voor deze systemen is uitgegaan van filterlengte van 50 m (de gemiddelde filterlengte van OBES in de omgeving).



Figuur 3-2 Thermische invloedsgebieden van de vergunde bodemenergiesystemen (**na 20 jaar**), o.b.v. gegevens in het Landelijk Grondwater Register (ontvangen van de Omgevingsdienst Noordzeekanaal). Voor een deel van de systemen zijn de thermische invloedsgebieden niet bekend; voor deze systemen is uitgegaan de gemiddelde verhouding tussen de thermische straal en thermische invloedsgebied in de omgeving ($2,77 \times \text{thermische straal}$).

De conclusie is dat het grootste deel van de ondergrond onder het projectgebied nog niet is gereserveerd en genoeg ruimte biedt voor nieuwe OBES. Bij deelproject A-Amstelvista en B-Van der Kunbuurt is er wel invloed van nabijgelegen bronnen van het bestaande systeem van de Cloud, zoals Figuur 3-2 laat zien. Het overige gebied van Amsteloever wordt alleen in beperkte mate door de monobron van Amsteltower beïnvloed. Hoewel er naast de hier opgenomen bronnen nog ruimte binnen het gebied resteert voor andere OBES-initiatieven dient wel rekening gehouden te worden met interferentie, om negatieve thermische invloed uit te sluiten.

Tabel 3-2 Vergunde OBES in en om het projectgebied (circa 4.800.000 m³/jaar vergund debiet)

Project	X	Y	Type ⁴	m³/uur	m³/jaar	BKF ⁵	OKF ⁶
BES Hotel Casa 400 Hoek Ringdijk & eerste Ringdijkstraat Amsterdam	123030	484781	D	350	830.000	96	159
BES Kantoorgebouw Rivierstaete Trompenburgstraat 2 Amsterdam	122623	484172	D	165	1.183.200	90	155
OBES Julianaplein Amsterdam	123232	484341	D	200	601.600	180	210
OBES The Cloud Mr. Treublaan 7 Amsterdam	122863	484603	D	180	600.000	59	96
BES Hotel Casa 400 Hoek Ringdijk & eerste Ringdijkstraat Amsterdam	123207	484868	D	350	830.000	64	79
BES Amsteltower Julianaplein 5 Amsterdam	123113	484295	M	65	302.000	88	107
OBES, Woontoren HAUT, Korte Ouderkerkerdijk 25, Amsterdam	123058	483784	M	30	120.600	130	145
OBES woontoren HAUT, Korte Oudekerkerdijk/Spaklerweg Amsterdam	123101	483758	M	60	180.000	109	121
BES appartementen Wibautstraat 198-210 Amsterdam	122651	484926	M	33	150.000		

⁴ D – doublet, M - monobron

⁵ BKF – bovenkant filter

⁶ OKF – onderkant filter

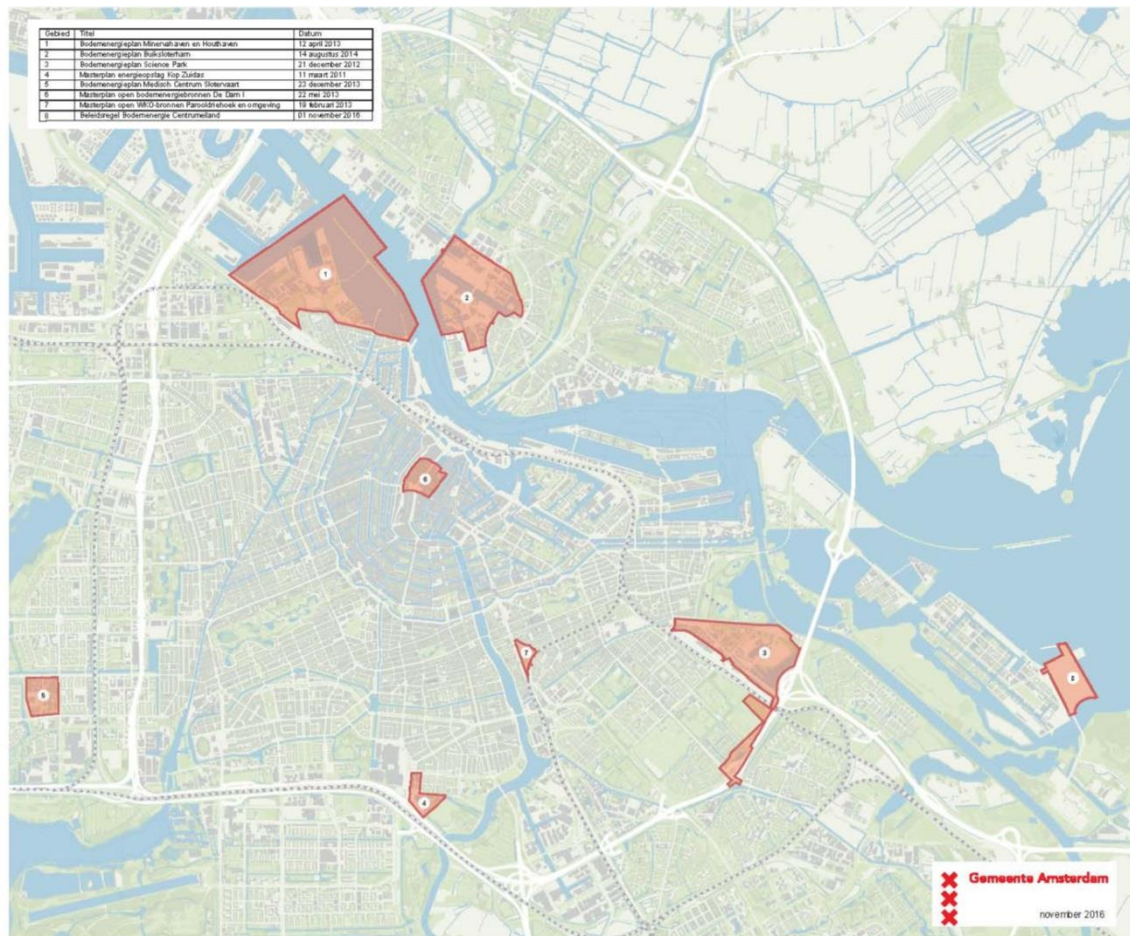
4 Bodemenergiebeleid

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

- Open bodemenergiesystemen zijn vergunningplichtig, waarbij de Provincie het bevoegd gezag is⁷;
- Gesloten bodemenergiesystemen zijn meldingsplichtig, waarbij de Gemeente het bevoegd gezag is;
- Er is een vereenvoudigde procedure voor het aanvragen van open systemen <50 m³/h;
- Bij open bodemenergiesystemen is een milieueffectrapportage (m.e.r.) beoordeling een onderdeel van het vergunningstraject;
 - Als de verwachte verplaatsing van grondwater lager is dan 1.500.000 m³ per jaar, dient een vormvrije m.e.r.-beoordeling gedaan te worden;
 - Als de verwachte verplaatsing van grondwater groter is dan 1.500.000 m³ per jaar, dient een formele m.e.r.-beoordeling gedaan te worden;
 - Als de verwachte verplaatsing van grondwater groter is dan 10.000.000 m³ 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 voor gebieden waar veel systemen elkaar mogelijk kunnen beïnvloeden. Binnen deze gebieden zijn gesloten systemen dan altijd vergunningplichtig. In Amsterdam zijn 7 interferentiegebieden aangewezen [8], zie Figuur 4-1. Bij het aanwijzen van een interferentiegebied hoort ook het vaststellen van een bodemenergieplan op basis waarvan gemeente en provincie vervolgens vergunningaanvragen toetsen. Voor Amsteloever zal deze procedure ook worden doorlopen.

⁷ Voor Amsterdam is deze bevoegdheid door de Provincie Noord-Holland overgedragen aan Omgevingsdienst Noordzeekanaalgebied (ODNZKG)



Figuur 4-1 Interferentiegebieden vastgesteld in de Gemeente Amsterdam.

5 Conceptueel bodemenergieplan

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 ontwerpende partij.

5.1 Benuttingsgraad

De benuttingsgraad is afhankelijk van het seizoensdebiet. Er wordt vanuit gegaan dat alle benodigde energie uit de ondergrond geleverd wordt. In de zomer dient extra warmte geladen te worden om de warme bel te regenereren voor de winter. Het opslagvolume is tweemaal het maximale seizoensdebiet. In Tabel 5-1 is de benuttingsgraad samengevat, per ontwikkellocatie en als geheel, voor drie situaties:

1. de filterlengte is 100 m (maximaal beschikbare filterlengte)⁸
2. de filterlengte is 50 m, vergelijkbaar met het gemiddelde van OBES in Amsterdam
3. de filterlengte is 40 m (monobronnen)

Tabel 5-1 Benuttingsgraad

Gebied oppervlak	Opslag volume	F _s bij 100 m filters	F _s bij 50 m filters	F _s bij 40 m filters (monobronnen)
m ²	m ³	%	%	%
143.000	2.514.943	18	35	22

Indien de maximaal beschikbare filterlengte wordt gebruikt, dus bij een filterlengte van 100 m, is er weinig ordening nodig. Als de filterlengte dichtbij het gemiddelde in de omgeving ligt, is er meer ordening nodig. De noodzaak voor ordening wordt ook groter als de geplande bronnen in een kleiner deel van het gebied worden gerealiseerd, waardoor het lokaal drukker in de ondergrond wordt.

5.2 Bodemenergieconcepten

In het projectgebied kunnen doubletten met een debiet van maximaal 250m³/u of monobronnen met een debiet van maximaal 60 m³/u gerealiseerd worden (dit is het maximale debiet wat in OBES-doubletten en monobronnen in Amsterdam in de praktijk gerealiseerd wordt). Op basis van

⁸ De geschikte pakketdiepte is 110 m (tussen NAP -100 m en NAP -210 m, maar vaak is niet de gehele dikte voldoende doorlatend om een filter te plaatsen.

de energiebehoefte 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
3. Monobronnen met filters van 40 m (plus 30 m verticale scheiding)

5.2.1 Basisscenario

De volgende uitgangspunten zijn gehanteerd:

- monovalente doubletten⁹;
- maximaal brondebiet van 250 m³/bron;
- filterlengte van 50 m;
- temperatuurverschil van 6 °C tussen onttrekking en infiltratie;
- alle OBES leveren warmte aan voor verdere verhoging door een warmtepomp met een COP van 5;
- voor de minimale bronafstand is de maximale afstand tussen het getal voor koude en warme bron aangehouden;
- ieder deelproject heeft zijn eigen bronnen.

In het basisscenario zijn in 7 doubletten nodig (14 bronnen), en is de benuttingsgraad circa 35%. In Figuur 5-1 zijn de thermische stralen (na 1 seizoen) van de nieuwe bronnen getoond (berekend met analytische formules). De nieuwe brondoubletten zijn de lichter gekleurde rode/blauwe bronnen. Daarbij is gekozen voor plaatsing van bronnen binnen de kavelgrens. In Figuur 5-1 zijn ook twee locaties tussen ontwikkellocaties D en E getoond, deze zijn een 'reservering' voor toekomstige ontwikkelingen.

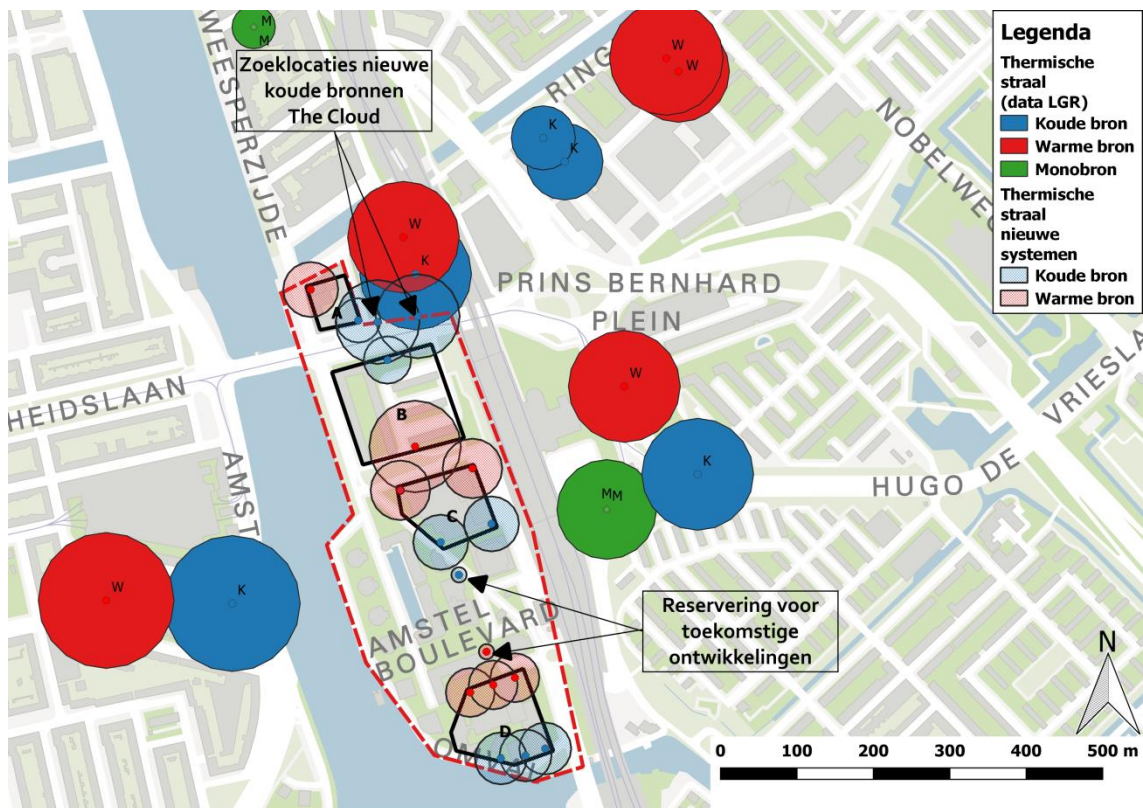
Tevens zijn in Figuur 5-1 de thermische stralen (na 1 seizoen) van de nieuwe koude bron van OBES The Cloud getoond (berekend met analytische formules, op basis van [12]), op twee nieuwe zoeklocaties. Dit is een bestaand OBES, dat buiten de huidige ontwikkelingsplannen ligt. De nieuwe zoeklocaties zijn echter in de nabijheid van de andere bronnen van ontwikkellocaties A-Amstelvista en B-Van Der Kunbuurt. Indien de koude bronnen zoals voorgesteld is in Figuur 5-1 gerealiseerd worden, is er geen risico op interferentie met de nieuwe koude bron van The Cloud, omdat de nieuwe koude bron tussen bronnen van hetzelfde type ligt (koude bronnen).

De minimale bronafstand en de benuttingsgraad zijn bepaald door het seizoensdebiet en de filterlengte. Als de filters langer zijn, of het seizoensdebiet lager is (of verdeeld wordt over meerdere bronnen), wordt de thermische straal kleiner en kunnen bronnen dichter bij elkaar geplaatst worden. Bij de analytische berekening van de thermische stralen in Figuur 5-1 is ervan uitgegaan dat de warmte- en koude behoeften zijn zoals in Tabel 2-2, waarbij een onbalans is tussen warmte en koude. Dit is vooral zichtbaar in ontwikkellocatie B-Van Der Kunbuurt, waar de thermische straal van de warme bron significant groter is dan die van de koude bron. Indien er

⁹ Monovalent houdt in dat de warmte of koude vanuit 1 bron wordt voorzien, in dit geval de bodem. Doublet houdt in dat een OBES uit twee bronnen bestaat – een warme en een koude bron.

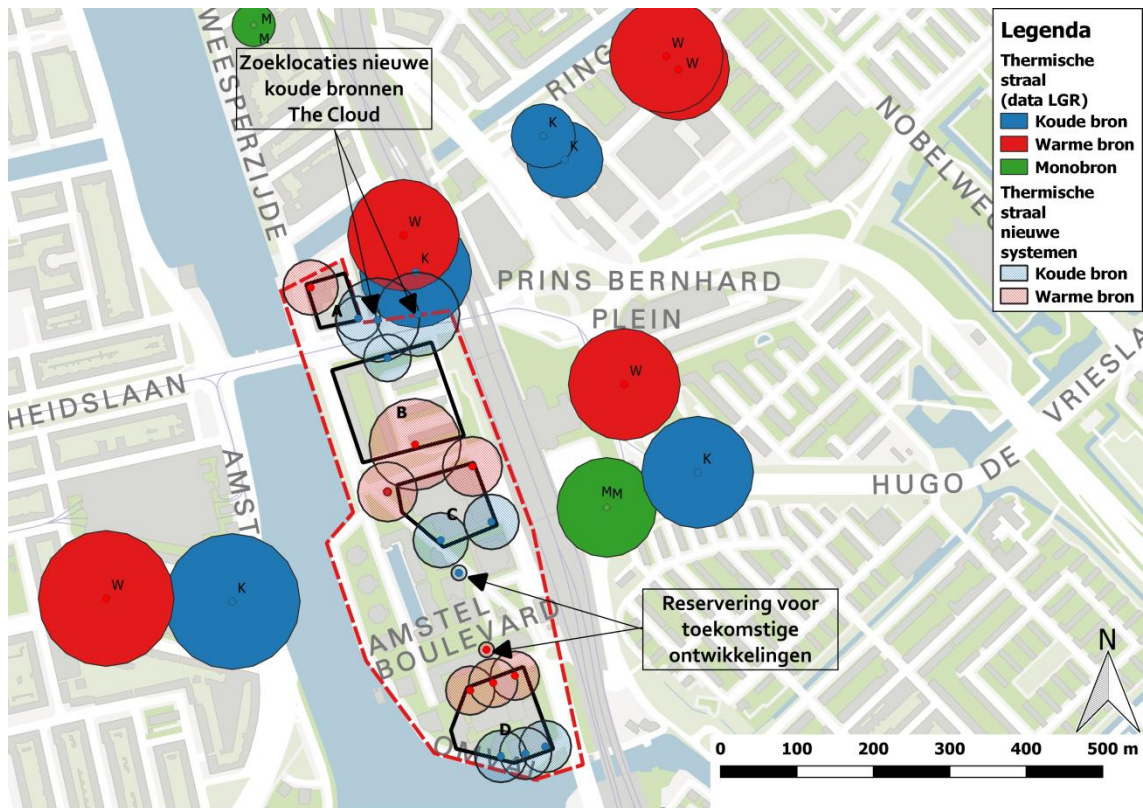
balans gehouden moet worden, zullen de thermische stralen van de koude en warme bronnen gelijk zijn.

Bij het positioneren van de bronnen zijn gelijksoortige bronnen geclusterd, zodat de invloedsstralen van gelijksoortige bronnen (warm-warm of koud-koud) deels overlappen, zoals aangegeven in paragraaf 2.1.2. Het aantal bronnen is bepaald op basis van het maximaal debiet van 250 m³/uur. Uitzondering is deelproject B-Van Der Kunbuurt, waarbij de warme bron een maximaal debiet van 308 m³/uur heeft. Dit debiet kan met relatief simpele maatregelen, zoals iets hogere temperatuurverschil tussen onttrekking en infiltratie of kleine aanpassing van het project, beperkt worden, waardoor er voor dit project toch 1 dublet voldoende is. Het is eveneens mogelijk om binnen dit gebied twee afzonderlijke brondoubletten te realiseren: voor Stadgenoot en ten behoeve van de (nog uit te schrijven) tender. Bijlage 1 geeft de gesplitste energievraag per deelgebied. Per bron zal het debiet dan hoger zijn. Indien geplaatst binnen de huidige zones zal dat mogelijk zijn.



Figuur 5-1 Voorgestelde positionering van nieuwe OBES bronnen in Amsteloever bij individuele systemen, waarbij de bronnen binnen kavelgrenzen zijn geplaatst.

Aan de noordkant van ontwikkellocatie C-Leeuwenburg is weinig ruimte beschikbaar voor de bronnen. Daarom is er ook een alternatieve locatie voorgesteld in Figuur 5-2, waarbij een van de twee warme bronnen van dit deelproject in de openbare ruimte ten westen van de kavel ligt.



Figuur 5-2 Voorgestelde positionering van nieuwe OBES bronnen in Amsteloever bij individuele systemen, waarbij een van de twee warme bronnen van deelproject C-Leeuwenburg in de openbare ruimte ten westen van de kavel ligt. Een van de twee koude locaties voor de Cloud moet worden geselecteerd.

5.2.2 Langere filters

Als 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. Als er langere filters worden geplaatst, is de verhouding L/R_{th} 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.

Indien de filters 100 m lang zijn, zijn er in totaal 7 doubletten nodig (14 bronnen). De benuttingsgraad is lager dan in het basisscenario, circa 18%.

5.2.3 Monobronnen

Door de grote dikte van het watervoerend pakket is de toepassing van monobronnen goed 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.

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

Uitgaande van monobronnen met warme en koude filters van 40 m lang, met 30 m verticale scheiding, zijn er in totaal 26 bronnen nodig. Filters van monobronnen benutten 80 m van de aquifer dikte (40 m koude filter en 40 m warme filter). Hierdoor is de benuttingsgraad lager, circa 22%. In dit scenario is er meer vrijheid voor plaatsing van bronnen, omdat de warme en koude bellen verticaal gescheiden zijn, zodat er overal een monobron geplaatst kan worden, mits de filters in de aangewezen laag zijn. Wel is er meer ruimte nodig in de ondiepe ondergrond om meer bronnen en meer leidingen te plaatsen.

5.3 Monovalent of 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 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.

5.4 Collectief systeem

OBES kan ook collectief aangelegd worden. Daarbij wordt er een laagtemperatuur warmte- en koudenet aangelegd, en worden de bronnen en gebruikers (gebouwen) op het net aangesloten. Hierbij kan worden geprofiteerd van schaalvoordelen, zoals gunstigere inkoopvoorwaarden, efficiëntere vergunning- en aanlegtraject en één centrale installatie voor het laden van warmte uit het oppervlaktewater. Sommige ontwikkellocaties hebben warmte over, anderen hebben koude over. In een collectief OBES kunnen de deelnemers onderling warmte- en koude bovengronds of via het laagtemperatuur warmte- en koudenet uitwisselen. Hierdoor is het benodigde ondergrondse 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 warmte coöperatie of een Energy Service Company (ESCo), die alle gebruikers ontzorgt en warmte/koude levert. Voor een collectief systeem is er een verbindend leidingstelsel nodig, een lokaal laagtemperatuur warmte- en koude net, met bijbehorend ruimtebeslag. Een collectief systeem kan ook in een deel van het gebied gerealiseerd worden. Vergelijking van de concepten In Tabel 5-2 zijn de resultaten van de berekeningen van de scenario's vergeleken. In Tabel 5-3 zijn de concepten kwalitatief vergeleken t.o.v. het basisscenario. Hierbij kunnen de volgende verbeteringen worden opgemerkt:

- **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 (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. Bovengrond vergt dit wel meer ruimtebeslag. Hoewel beperkt zal toch ook ruimte gereserveerd moeten worden voor te verrichten werkzaamheden.

- 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, en maakt het mogelijk om een groter deel van de aquifer te benutten.
- Bij **energieonbalans** is de beste optie om gebruik te maken van het oppervlaktewater uit de Amstel: dit is energetisch efficiënter dan toepassing van drycoolers. Bovendien kan dit oppervlaktewater, als de temperatuur van het water hoger is dan de brontemperatuur, direct als bron worden ingezet voor warmtelevering. Hiermee kunnen de bronnen kleiner (en dus goedkoper) worden gedimensioneerd en leveren hiermee een bijdrage aan het zo noodzakelijk efficiënt bodemgebruik. Het alternatief voor regeneratie met drycoolers is ongewenst omdat deze ruimte vergen die benodigd is voor groenvoorziening en PV-toepassingen. Bovendien zijn drycoolers ongewenst omdat zij aanzienlijke geluidsoverlast geven, met name ten opzichte van opgaande gevels. Deze overlast wordt voorkomen met regeneratie met oppervlaktewater.
- In de hierboven omschreven scenario's is uitgegaan van een **monovalent** systeem, waarbij al het vermogen door het OBES moet worden geleverd. Met een **bivalent systeem** kunnen de bronnen kleiner (en dus goedkoper) zijn. Het geheel wordt dan wel complexer in aanleg, onderhoud en regeling. Ook is meer technische opstelruimte nodig. Nader onderzoek is nodig om te bepalen of bivalente systemen voor deze projecten economisch en energetisch efficiënter zijn.
- Vooral **warm tapwatervoorziening** vanuit andere bronnen dan de bodem, te denken aan centrale hoog temperatuur warmtelevering vanuit het warmtenet, kan ervoor zorgen dat de basislast met veel kleinere bronnen kan worden voorzien, met kleinere (en goedkopere) pompen.

Het benodigde aantal bronnen is bepaald door het gevraagde maximale debiet. Als het maximale debiet door toepassing van een bivalent systeem beperkt kan worden, zijn er minder bronnen benodigd. 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 verbeteren en risico op interferentie verlagen.

Tabel 5-2 Bronconfiguraties (voor doubletten)

		Doubletten, filterlengte 50 m			Doubletten, filterlengte 100 m			Monobronnen, filterlengte 40 m		
	Aantal bronnen*	D ₀ **	L/Rth koude bron	L/Rth warme bron	D ₀	L/Rth koude bron	L/Rth warme bron	D ₀	L/Rth koude bron	L/Rth koude bron
		m	-	-	m	-	-	m	-	
A - Amstelvista	2 (3)	116	1,7	1,4	85	4,6	3,7	37	2,2	1,7
B - Van der Kunbuurt	2 (6)	192	1,6	0,8	142	4,3	2,2	43	2,9	1,5
C - Leeuwenburg	4 (9)	124	1,4	1,3	92	3,8	3,5	32	2,2	2,0
D - Delta Lloyd	6 (11)	107	1,5	1,5	79	4,0	4,2	31	2,1	2,2
Collectief systeem	12 (26)	137	1,4	1,2	101	3,8	3,1	36	2,1	1,8

*-tussen haakjes is het aantal monobronnen aangegeven, indien voor monobronnen gekozen wordt.

**-bronaafstand tussen niet-gelijksoortige bronnen

Tabel 5-3 Kwalitatieve beoordeling van de concepten t.o.v. het basisscenario (+ is goed, - is slecht).

	Aanlegkosten	Onderhoudskosten	Efficiency	Complexiteit	Organisatie	Ruimtegebruik
Basisscenario	0	0	0	0	0	0
Langere filters	-	0	0	0	0	+
Monobronnen	-	0	+	+	0	-
Bivalent systeem	-	-	+	-	-	0
Collectief systeem	0	+	+	-	-	+

6 Conclusies en aanbevelingen

6.1 Conclusies

Het gebied is zeer geschikt voor de toepassing van bodemenergie en de energiebehoeftes van de verschillende ontwikkellocaties in Amsteloever kunnen met een beperkt aantal bronnen worden voorzien. Individuele bronnen/bronsystemen per project zijn mogelijk, waarbij de ondergrondse voetafdruk grotendeels binnen de eigen kavel kan blijven. Het ondergrondse ruimtebeslag hangt vooral af van de filterlengte van de bronnen.

Een collectief systeem kan voordelen hebben bij de aanleg en het beheer, maar levert beperkingen ten aanzien van de fasering en autonomie van de systemen. Het gebied is compact genoeg voor aanleg van een lokaal laagtemperatuur warmte-koudenet.

Gebruik van oppervlaktewater voor aanvulling van warmtebehoefte is mogelijk, dit is vooral zinvol bij de deelprojecten A-AmstelVista en B-Van Der Kunbuurt, die een thermisch onbalans hebben, met een grotere behoefte aan warmte dan aan koude. De benutting van oppervlaktewater ten behoeve van regeneratie kan per deelcluster worden gerealiseerd, waarbij de Treublaan een natuurlijke scheiding vormt tussen de systemen aan beide zijden (AmstelVista met de Cloud in een cluster en Van der Kun, Leeuwenburg en Delta Lloyd in het andere cluster).

Zowel monobronnen als doubletten zijn mogelijk, waarbij doubletten de voorkeur verdienen vanuit overwegingen van ruimtebeslag, aantal boringen en risico's.

Vanuit oogpunt van energiebalans zijn monovalente systemen voor Leeuwenburg en Delta Lloyd goed mogelijk. Ook in deelprojecten A-AmstelVista en B-Van Der Kunbuurt zijn monovalente systemen mogelijk, maar vanwege de grotere warmtevraag is aanvullend warmte vermogen nodig.

Indien de koude bronnen zoals voorgesteld is in Figuur 5-1 gerealiseerd worden, is er geen risico op interferentie met de nieuwe koude bron van The Cloud, omdat de nieuwe koude bron tussen bronnen van hetzelfde type ligt (koude bronnen).

Het type bronnen, positionering van de bronnen, de bronafstanden en de filterstellingen dienen in een volledige ontwerp- en effectenstudie te worden berekend. De effectenstudie en vergunningaanvraag dienen door de ontwikkelende partijen te worden gedaan. Daarbij dienen ook de verleende vergunningen, boorbeschrijvingen, filterstellingen en operationele geschiedenis van de omliggende bodemenergiesystemen te worden opgevraagd, zodat er rekening mee kan worden gehouden in het ontwerp. Dit Masterplan Bodemenergie dient als richtlijn bij het ontwerp, om doelmatig gebruik van de ondergrond te waarborgen en om negatieve interferentie te voorkomen.

6.2 Aanbevelingen

Aanbevolen wordt om de bronposities met invloedstraal op te nemen in een bronnenplan voor dit gebied en door de gemeente Amsterdam vast te leggen in de interferentieverordening. De ontwikkelaars hebben de voorkeur voor een individueel systeem per deelproject. Omdat een collectief systeem goedkoper kan zijn en efficiënter in aanleg en ruimtegebruik is, wordt aanbevolen de samenwerkingsopties te onderzoeken, rekening houdend met de bouw planning van elk deelproject.

Aanbevolen wordt om voor de regeneratie gebruik te maken van het nabijgelegen oppervlaktewater, zowel vanuit efficiency en duurzaamheidsoverwegingen, als vanuit het feit dat de daken al bezet zijn voor groen en PV-toepassingen. En ook om geluidsoverlast van het alternatief met drycoolers te voorkomen.

Aparte regeneratie inname- en uittrede punten per deelproject zijn onwenselijk omdat de uitlaat van de stroomopwaartse leiding de inlaat temperatuur van de stroomafwaartse leiding beïnvloedt, hetgeen niet wenselijk is. Het verdient dan ook sterk de voorkeur om deze regeneratie collectief te organiseren met slechts één inname en één uittredepunt, eventueel per deelcluster, met de Treublaan als scheiding. Ook voor Waternet zal dit wenselijk zijn in verband met waterkering doorvoeren en invloed op de waterkwaliteit.

Tevens is het hierbij van belang dat oppervlaktewater kan worden ingezet om het warmtetekort aan te vullen en/of om direct te koelen. Hiermee kan de benuttingsgraad verbeterd worden en het risico op interferentie verminderd. De aanleg van collectieve regeneratievoorziening is de verantwoordelijkheid van de ontwikkelende partijen, in eventuele samenwerking met Waternet.

Aanbevolen wordt dit gesprek met Waternet aan te gaan om te bespreken

1. Hoe en wanneer een aanvraag en ontwerp hiertoe opgezet kan worden
2. Welke rol Waternet hierin kan vervullen
3. Wie welke regie hierin kan hebben indien het initiatief bij de projectontwikkelaars blijft

Overigens geldt bij eventueel noodzakelijke verleggingen van bestaande kabels en leidingen door de aanleg van warmte- en koude leidingen dat de afspraken van het coördinatie stelsel in Amsterdam worden gehanteerd.

De ervaring leert dat in drukke stedelijke gebieden zoals Amsteloevers de beschikbare ruimte in de ondiepe ondergrond zeer beperkt is, door de aanwezigheid van kabels en leidingen. Voor een OBES zijn pompputten nodig (zie Figuur 6-1), en moeten kabels en leidingen van en naar de gebouwen worden aangelegd. Dit vraagt om ruimtereservering in de ondergrond, om deze aan te kunnen leggen. De voorkeur gaat uit naar plaatsing van bronnen op de eigen kavel.

Aanbevolen wordt om de bronposities met thermische straal en invloedgebied, zoals in dit plan uitgewerkt, op te nemen in een bronnenplan voor dit gebied en door de gemeenteraad Amsterdam vast te leggen in de interferentieverordening. Alle aanvragers van een grondwateronttrekkingsvergunning moeten dan aantonen dat zij niet tot interferentie leiden met alleen bestaande bronnen, maar ook rekening houden met toekomstige mogelijkheden van derden.

Het is voor de goede aanleg en een blijvende succesvolle exploitatie van groot belang dat al de huidige en toekomstige initiatiefnemers/eigenaren van OBES eerst en vooral tot onderlinge afspraken komen. De gemeente Amsterdam kan, op verzoek van de initiatiefnemers/eigenaren van OBES het onderling overleg faciliteren, om de plaatsing van de vele bronnen en leidingen mogelijk te maken. De gemeente is hierin faciliterend, vergunningverlenend en is regievoerend in het openbaar gebied.

Alle partijen betrokken bij het ontwerp, de ontwikkeling en uitvoering, maar ook bij de onderhouds- en beheer fase van OBES moeten beschikken over de vereiste certificeringen in het kader van de BRL 11000 en BRL 6000-21. Hiermee wordt geborgd dat de systemen ook daadwerkelijk de beoogde (energie)prestaties leveren.



Figuur 6-1 Bronput van een OBES [13].

Bronnen

- [1] Concept Stedenbouwkundig Plan Amstelstation – Amsteloever 18 augustus 2020
- [2] Methods for planning of ATES systems, Bloemendal, M., Jaxa-Rozen, M., Olsthoorn, T., Applied Energy 216 (2018).
- [3] Analysis of the impact of storage conditions on the thermal recovery efficiency of low-temperature ATES systems, Bloemendal, M., Hartog, N., Geothermics 71 (2018).
- [4] Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN3), www.ahn.nl
- [5] <https://www.dinoloket.nl/>
- [6] Effectenstudie Grondwatersysteem Amsteltower-Amsterdam, VHGM, d.d. 16 november 2014, kenmerk 5902/14027/SvH
- [7] Legger waterschap Amstel, Gooi en Vecht, <http://waternet.maps.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?webmap=882acee467fb4a07825f3d5d04509f62>, laatst bezocht 10-03-2020.
- [8] ATES systems in aquifers with high ambient groundwater flow velocity, Bloemendal, M., Olsthoorn, T.N., Geothermics 75 (2018).
- [9] http://decentrale.regelgeving.overheid.nl/cvdr/xhtmloutput/Historie/Amsterdam/377466/377466_2.html
- [10] Masterplan inpassing warmte-/koudevoorziening Strandeiland, IF-Technology, 14-01-2020, kenmerk 67336/BZ/20200114
- [11] Bodemenergieplan Beurskwartier te Utrecht, TTE Consultants B.V., Projectnummer C17020, d.d. 3 mei 2018.
- [12] 19054 Notitie zoekgebied nieuwe bronlocatie, kenmerk 19054/DvH, d.d. 26 maart 2020
- [13] <https://www.duurzaammbro.nl/kennisbank/planet/2-uncategorised/4044-wko>, laatst bezocht 09-04-2020

Bijlagen

Bijlage 1 - Warmte/koudevraag Amsteloever

Warmte / koudevraag Amsteloever - nieuwe situatie- pag 1

Datum 2-sep-20

Berekend op MAXIMAAL LAADVERMOGEN Warmte / koude

locatie	oppervlak	nieuwbouw	totaal m2 bvo							aantal woningen
	terrein m2	aantal woningen	gemidd opp bvo woningen		wonen	kantoor	sport	Commerc. voorzien.	Maatschap. Voorzien.	m2/m2 gem.
Nieuwbouw										
Amstelvista		208	76,9	33.000	16.000	16.000	0	1.000	0	208
Van der Kunbuurt I	Stadgenoot	400	80,2	32.579	32.079	0	0	500	0	400
Van der Kunbuurt II	Tender gemeente	333	82,5	32.489	27.489	0	0	1.000	4.000	333
Leeuwenburg		400	80,0	88.000	32.000	52.000	0	4.000	0	400
Delta Lloyd		302	86,1	106000	26.000	80.000	0	0	0	302
										0
TOTAAL	0	1.643		292.068	133.568	148.000	0	6.500	4.000	1.643
overige programma										wooneq.
	0	0		0		0		0		0
TOTAAL	0	0		0	0	0	0	0	0	0
TOTAAL	0	1.643		292.068	133.568	148.000	0	6.500	4.000	1.643

* aan deze berekeningen kunnen geen rechten worden ontleend

Warmte / koudevraag Amsteloever - nieuwe situatie- pag 2

Let op: broncapaciteit berekend op max vraag warmte of koude

Locatie													warmte leidend berekend		
													koude leidend berekend		
	Warmte vermogen kW	Warmte behoefte kWh/jr	Koude vermogen kW	Koude behoefte kWh/jr	Warmte behoefte tap kWh/jr	Capp. bron verw. m3/h	Capp. bron koel. m3/h	min Capp. bron m3/h		Koude laden kWh/jr	Koude onttrekken kWh/jr	Koude overschot kWh/jr	Aantal doubletten 250m3/h	Aantal monobro- nnen 80m3/h	Koude overschot bodem %r
Nieuwbouw															
Amstelvista	1.155	724.000	1.170	670.000	577.778	124	126	126		925.867	670.000	255.867	0,5	1,6	28%
Van der Kunbuurt I	1.140	779.896	667	335.790	1.111.111	123	72	123		1.290.583	335.790	954.793	0,5	1,5	74%
Van der Kunbuurt II	1.137	759.736	800	424.890	925.000	123	86	123		1.162.789	424.890	737.899	0,5	1,5	63%
Leeuwenburg	3.080	1.888.000	3.440	2.000.000	1.111.111	332	371	371		2.177.067	2.000.000	177.067	1,5	4,6	8%
Delta Lloyd	3.710	2.224.000	4.520	2.660.000	838.889	400	487	487		2.282.533	2.660.000	-377.467	1,9	6,1	-17%
0	0	0	0	0	0										
TOTAAL	10.222	6.375.632	10.596	6.090.680	4.563.889	1.102	1.142	1.142		7.838.839	6.090.680	1.748.159	4,9	15,4	22%
0															
overige programma															
0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0		0	#DEEL/0!
0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0		0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0		0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0		0	
TOTAAL	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0		0	#DEEL/0!
0															
TOTAAL	10.222	6.375.632	10.596	6.090.680	4.563.889	1.102	1.142	1.142		7.838.839	6.090.680	1.748.159			
Verbruik in MWh															
Verbruik in GJ															

* aan deze berekeningen kunnen geen rechten worden ontleend

Bijlage 2 - Stroomschema besluiten m.b.t. bodemenergiesystemen

