



## Notitie

Aan [REDACTED]  
Van [REDACTED]  
Datum [REDACTED]  
Ons kenmerk [REDACTED]

Onderwerp Verkenning bodemenergie Jan Evertsenstraat West - Mercatorpark

Versie	Opsteller	Collegiale toets	Paraaf	Datum
V02	[REDACTED]	[REDACTED]		[REDACTED]
V03	[REDACTED]			[REDACTED]

### 1. Inleiding

Bij het Mercatorpark wordt een nieuw woon- en werkgebied ontwikkeld met ongeveer 1.000 huur- en koopwoningen in verschillende soorten. Het gebied biedt veel kansen om uit te groeien tot een moderne, gemengde en levendige stadswijk met woningen en voorzieningen zoals restaurants en plekken met veel groen waar bewoners en andere betrokkenen graag komen.

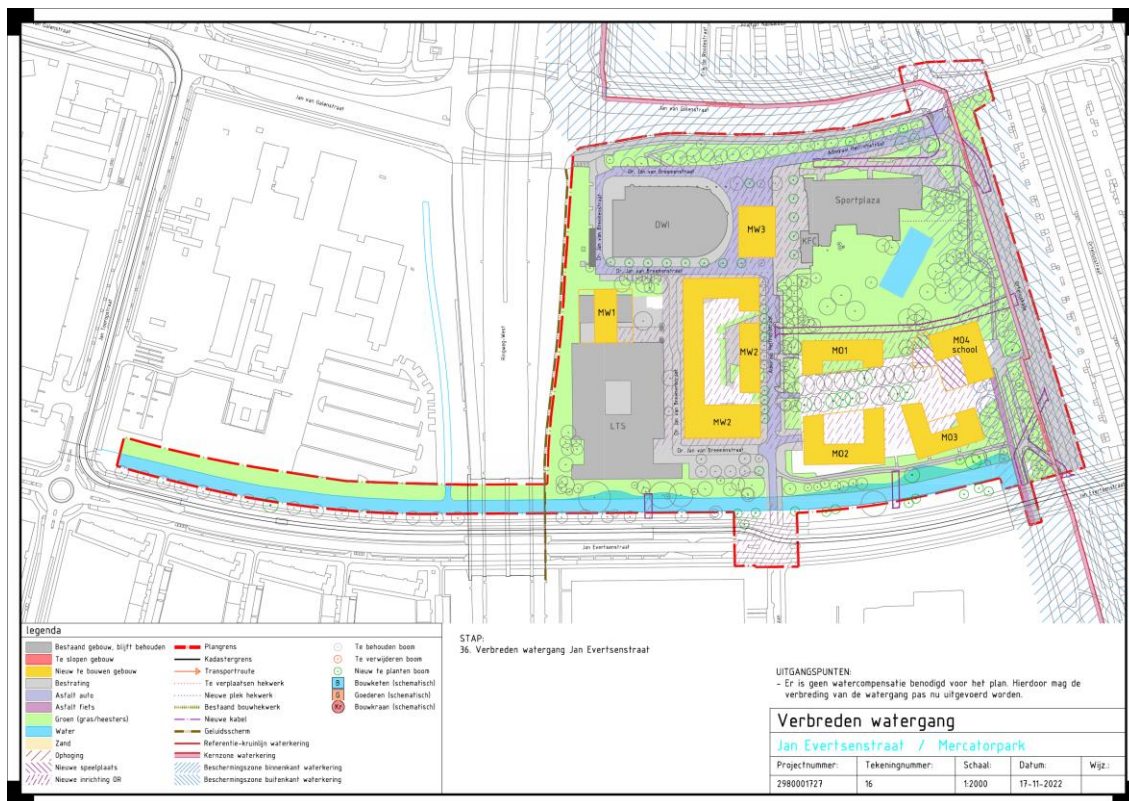
Mogelijk zal (een deel van) de nieuwbouw gebruik gaan maken van bodemenergie voor verwarming en/of koeling. Deze notitie betreft een verkenning van de toekomstige energiebehoefte (verwarming en koeling) van de geplande nieuwbouw op kavelniveau en op welke manier deze kan worden geleverd met behulp van bodemenergiesystemen, uitgaand van een individueel bodemenergiesysteem per kavel. Daarbij wordt ook ingegaan op de vraag of voldoende ruimte in de ondergrond aanwezig is voor individuele warmteoplossingen, indien alle ontwikkelingen gebruik maken van bodemenergiesystemen.

Bij het opstellen van deze notitie is gebruik gemaakt van onderstaande bronnen:

- [1] Haalbaarheidsstudie toepassing bodemenergie gemeente kantoor Jan van Galenstraat 323, Amsterdam, KWA bedrijfsadviseurs, 29 augustus 2023
- [2] Haalbaarheidsstudie toepassing bodemenergie omgeving Jan van Galenstraat, Amsterdam, KWA bedrijfsadviseurs, 30 augustus 2023
- [3] Programma bvo, aangeleverd door projectteam, 27 september 2023

### 2. Geplande ontwikkelingen

De ontwikkelingen zijn weergegeven in Figuur 1.



Figuur 1: Nieuwbouw (geel) en bebouwing die behouden blijft (grijs).

Het programma is als volgt:

#### Nieuwe te ontwikkelen gebouwen:

- MO1 – 7.900 m2 bvo – wel woningbouw – woningbouwcorporatie – o m2 commercieel
- MO2 – 11.400 m2 bvo – wel woningbouw – commerciële partij - 450 m2 commercieel
- MO3 – 9.300 m2 bvo – wel woningbouw – commerciële partij - 200 m2 commercieel
- MO4 – 3.540 m2 bvo – geen woningbouw – school - o m2 commercieel
- MW1 – 12.000 m2 bvo – wel woningbouw – commerciële partij - o m2 commercieel
- MW2 – 34.700 m2 bvo – wel woningbouw – beide - 1320 m2 commercieel
- MW3 – 15.400 m2 bvo – wel woningbouw – woningbouwcorporatie - 1000 m2 commercieel

#### Sportplaza (incl. zwembad en KFC):

- Adres: 315 – 3.276 m2 bvo – sportfunctie/zwembad
- Adres: 315A – 455 m2 bvo – verblijfsfunctie
- Adres 6A – 430 m2 bvo – commerciële functie (KFC)

#### LTS (invulling voor voormalig LTS-gebouw):

- 10.000 m2 bvo – atelier/ (woon)werkruimte
- m.b.t. de energievraag is uitgegaan van 20% wonen en 80% niet wonen

**DWI (Gemeentekantoor Dienst Werk en Inkomen):**

Voor deze ontwikkeling is een haalbaarheidsstudie uitgevoerd [1]. Het gebouw wordt gerenoveerd. Voor het bodemenergiesysteem wordt uitgegaan van een doublet met een filterlengte van 23 m in het dieptetraject tussen circa 100 en 174 m-mv. De uitgangspunten voor het debiet en waterbezwaar zijn:

**Tabel 1: uitgangspunten bodemenergiesysteem DWI**

	Eenheid	Zomersituatie	Wintersituatie
Maximaal infiltratie-/onttrekkingsdebiet	m <sup>3</sup> /uur	100	75
Gemiddelde infiltratie-/onttrekkingshoeveelheid	m <sup>3</sup> /seizoen	141.000	141.000
Maximale infiltratie-/onttrekkingshoeveelheid	m <sup>3</sup> /seizoen	183.000	183.000

In deze notitie wordt in de eerste plaats uitgegaan van een individueel bodemenergiesysteem per kavel. Het realiseren van een gezamenlijk bodemenergiesysteem voor meerdere kavels is ook mogelijk, en vaak gunstig vanuit energetisch perspectief en wat betreft duurzaamheid. Organisatorisch, financieel en technisch is een collectief systeem complexer en daarmee moeilijker te realiseren. In een haalbaarheidsstudie [2] is onderzocht dat in het gebied ruimte is voor minimaal 6 doubletten met een totale maximale capaciteit van 1.710 m<sup>3</sup>/uur en een waterbezwaar van circa 1.410.000 m<sup>3</sup>/seizoen (circa 6.576 MWh/seizoen).

**3. Energievraag**

Op basis van kentallen (zie bijlage 1) en het bouwprogramma is per kavel de warmte- en koudevraag berekend. De energievraag per ontwikkeling is samengevat in Tabel 2. Voor de bestaande bouw wordt ervan uitgegaan dat deze wordt gerenoveerd waardoor dezelfde kentallen wat betreft energiebehoefte van toepassing zijn als voor de nieuwbouw. Tevens is voor clusters MO en MW de totale energievraag opgenomen. In verband met de monumentale status van het LTS-gebouw wordt voor deze kavel uitgegaan van een warmtevraag die 1,75x hoger is dan voor nieuwbouw (zie bijlage 1).

**Tabel 2: Prognose warmte- en koudevraag\*.**

Kavel	energie [MWh/j]		aansluitvermogen [kW]	
	Warmtevraag	Koudevraag	Warmtevraag	Koudevraag
MO1	338	72	336	101
MO2	502	118	501	172
MO3	404	91	403	131
MO4	151	32	150	45
Cluster_MO	1.395	312	1390	449
MW1	513	109	510	153
MW2	1.526	357	1524	522
MW3	690	172	691	256
Cluster_MW	2.729	637	2725	931
Sportplaza	921	28	534	53
LTS	584	274	666	505

\*uitgangspunten wat betreft debiet en waterbezwaar voor het gemeentekantoor op basis van [1]

#### 4. Dimensioneren bodemenergie

Op basis van kentallen is per kavel berekend hoe in de energievraag kan worden voorzien, gebruik makend van de verschillende types bodemenergiesystemen (doublet, monobron, gesloten systeem; zie toelichting in Bijlage 3). Deze kentallen zijn o.a. bepaald op basis van analyse van gegevens van 303 open en 354 gesloten bodemenergiesystemen in Amsterdam. Een overzicht van de gebruikte kentallen is opgenomen in bijlage 1. De (diepe) bodemopbouw ter plaatse van Mercatorpark is vergelijkbaar met de bodemopbouw in de rest van de stad waardoor het gebruik van deze kentallen mogelijk is [2]. Welk type bodemenergiesysteem past bij het geplande bouwvolume (per ontwikkeling) hangt onder andere af van de grootte van de energievraag. Als de energievraag bijvoorbeeld laag is kan deze technisch gezien wel worden geleverd door een doublet systeem, financieel ligt een monobron of gesloten bodemenergiesysteem dan echter meer voor de hand. Waar dit omslagpunt ligt is onder andere afhankelijk van de bodemopbouw. Op basis van de analyse van andere bodemenergiesystemen in Amsterdam wordt voor doubletten uitgegaan van een debiet tussen 70 en 250 m<sup>3</sup>/u per doublet. Voor monobronnen is uitgegaan van een debiet tussen 20 en 80 m<sup>3</sup>/u per monobron. Voor gesloten systemen is uitgegaan van een capaciteit van 30 W/m (luslengte).

##### Uitgangspunten berekening

In deze studie wordt ervan uitgegaan dat koude direct uit het bodemenergiesysteem kan worden geleverd, maar dat warmte wordt geleverd via een warmtepomp. De gebouwzijdige energievraag wordt derhalve omgerekend naar de bodemzijdige energievraag. De inzet van bodemenergie kan vervolgens worden gedimensioneerd op de warmtevraag of de koudevraag. Over het algemeen zijn deze niet even groot. Voor woonprogramma is de warmtevraag meestal groter dan de koudevraag en voor utiliteit is dat andersom. Voor de ontwikkelingen in het onderzoeksgebied geldt dat de warmtevraag groter is dan de koudevraag (veel woonprogramma).

Voor open systemen wordt meestal een energiebalans voorgeschreven (een beperkt koudeoverschot in de bodem wordt soms toegestaan). Als het bodemsysteem gedimensioneerd wordt op de grootste energievraag (in dit geval de warmtevraag), dan is een regeneratiesysteem (bijvoorbeeld aquathermie of droge koeler) nodig als er een bodemzijdige energiebalans moet worden gerealiseerd. Deze manier van dimensioneren resulteert in de grootste inzet en daarmee (ondergronds) ruimtebeslag van de bodemenergiesystemen. Het bodemsysteem kan ook gedimensioneerd worden op de kleinste energievraag (in dit geval de koudevraag). In dat geval is een aanvullende energievoorziening nodig voor de warmtelevering (bijvoorbeeld een piek-ketel of aansluiting op het warmtenet). Deze manier van dimensioneren resulteert in een kleinere inzet van het bodemsysteem en daardoor een kleiner (ondergronds) ruimtebeslag. NB op dit moment is er in dit gebied geen warmtenet, dus dat zou dan doorgetrokken moeten worden.

In Tabel 3 is de mogelijke inzet van bodemenergiesystemen gepresenteerd, zowel voor de situatie dat gedimensioneerd wordt op de warmtevraag (W) als op de koudevraag (K). Voor het ondergronds ruimtebeslag is het niet relevant welke aanvullende energiebronnen en/of regeneratiesystemen worden gekozen. Dit is derhalve niet onderzocht. NB met ondergronds ruimtebeslag wordt de benodigde ruimte in de 'diepe' ondergrond bedoeld, niet de benodigde ruimte voor bijvoorbeeld kabels en leidingen.

Een '-' betekend dat de energievraag te klein wordt geacht voor het realiseren van het desbetreffende bodemenergiesysteem.

**Tabel 3: Mogelijkheden bodemenergiesystemen per ontwikkeling.**

BES	Benodigd debiet (m³/uur)		doubletten		monobronnen		bodemplussen	
	Warmtevraag	Koudevraag	W*	K*	W	K	W	K
MO1	36	14	-	-	1	-	42	17
MO2	54	25	-	-	1	1	63	29
MO3	43	19	-	-	1	-	51	22
MO4	16	6	-	-	-	-	19	8
Cluster_MO	150	64	1	-	2	1	174	75
MW1	55	22	-	-	1	1	64	26
MW2	164	75	1	1	3	1	191	87
MW3	74	37	1	-	1	1	87	43
Cluster_MW	293	134	2	1	4	2	341	156
Sportplaza	57	8	-	-	1	-	67	9
LTS	72	72	1	1	1	1	84	85
Gemeentekantoor	75	100	1	1	1	2	87	156
Totaal	596	350	3	2	8	5	716	479

\*W = gedimensioneerd op warmtevraag, K = gedimensioneerd op koudevraag

Uit de tabel blijkt dat als de bodemenergiesystemen gedimensioneerd worden op de warmtevraag 3 kavels in principe groot genoeg zijn voor een individueel doubletsysteem (MW2, MW3 en het Gemeentekantoor). In plaats van één doublet zijn per kavel één (MW3) tot drie (MW2) monobronnen nodig om voldoende vermogen te kunnen leveren. Voor de overige kavels geldt dat deze in de energiebehoefte kunnen voorzien met één monobron of met bodemplussen. De energievraag van met name kavel MO4 is dermate laag dat een individueel open bodemenergiesysteem hier waarschijnlijk niet de meest aantrekkelijke optie is; bodemplussen (of een ander alternatief) liggen hier meer voor de hand.

Bij het toepassen van individuele monobronnen per kavel zijn (bij maximale energievraag) naar verwachting in totaal 11 monobronnen nodig. Bij een collectief systeem kan dezelfde hoeveelheid energie geleverd worden met 3 doubletten of 8 monobronnen. Uit de haalbaarheidsstudie [2] blijkt dat minimaal 6 doubletten binnen het plangebied kunnen worden ingepast.

## 5. Bestaande bodemenergiesystemen

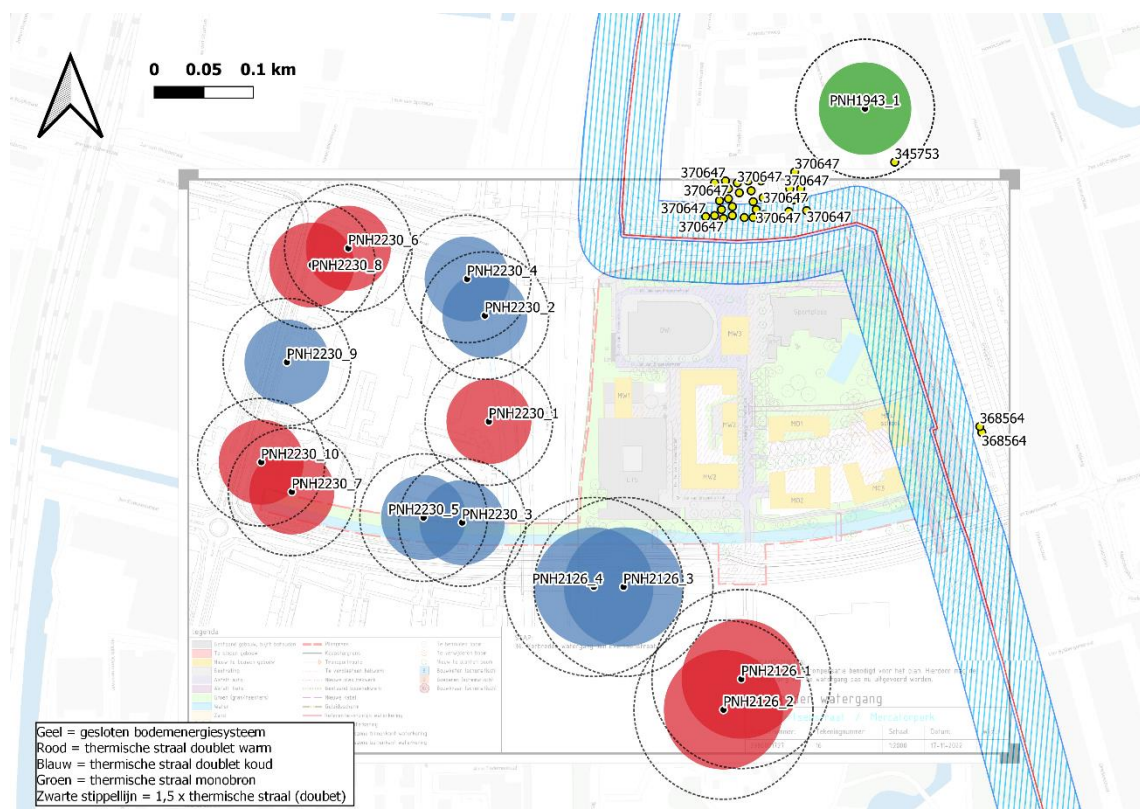
In het plangebied zijn nog geen bodemenergiesystemen vergund, maar in de omgeving wel. Gegevens van deze systemen zijn samengevat in Tabel 4. De systemen zijn op kaart weergegeven in Figuur 2.

**Tabel 4: Vergunde bodemenergiesystemen**

LGRnr	Type	Waterbezwaar [m³]	Vergund debiet [m³/uur]
-------	------	-------------------	-------------------------

		Winter (ontwerp)	Zomer (ontwerp)	Vergund (per jaar)	
PNH1943	Monobron (1 bron)	32.000*	32.000*	80.000	20
PNH2126	Doublet (4 bronnen = 2 doubletten)	600.000	600.000	1.498.000	500
PNH2230	Doublet (10 bronnen = 5 doubletten)	1.015.000	1.015.000	2.436.000	1.250
345753	Gesloten (tot 223 m-mv)				
368564	Gesloten (tot 150 m-mv)				
370647	Gesloten (tot 150 m-mv)				

\*geschat op basis van vergund waterbezwaar



**Figuur 2: Vergunde bodemenergiesystemen en ligging beschermzone waterkering (blauw); op de achtergrond de plankaart zoals in Figuur 1.**

## 6. Waterkering

Aan de noord-/ en oostzijde van het gebied is een waterkering aanwezig welke een beperking vormt voor het plaatsen van bronnen. De ligging van de waterkering is aangegeven in Figuur 2. Conform de legger van Amstel, Gooi en Vecht, bestaat de waterkering uit een kernzone (rode gebied) en een binnen- en buitenbeschermingszone (blauwe gebied). In de kernzone zijn boringen ten behoeve van een open bodemenergiesysteem verboden [3]. In de binnen- en



buitenbeschermings-zone is een vergunningsplicht voor het realiseren van een open bodemenergiesysteem vastgesteld. De volgende punten moeten aangetoond worden:

- Er is geen redelijk alternatief voor de locatie;
- Het bodemenergiesysteem belemmert het beheer en onderhoud van de kering nu en in de toekomst niet;
- Het bodemenergiesysteem heeft geen negatieve invloed op de stabiliteit van de waterkering;
- De mechanische boringen voor de aanleg van het ondergrondse deel worden uitgevoerd door een bedrijf dat erkend is voor de BRL SIKB 2100, 'Mechanisch boren' en het daaraan gekoppelde protocol 2101 Mechanisch boren.

Conform Beleidsregels die horen bij de Keur van AGV - Afwegingskader voor vergunningverlening en maatwerkvoorschriften wordt voortsnog rekening gehouden dat geen bronnen kunnen worden geplaatst binnen een afstand van 10 meter tot de kernzone.

## 7. Ruimtelijke inpassing

In verband met de vraag of er voldoende ruimte is om alle mogelijke toekomstige systemen een plek te kunnen geven, is onderzocht wat de benodigde ruimte is bij maximale inzet op bodemenergie. Dat betekent dat systemen worden gedimensioneerd op de koudevraag (Gemeentekantoor) en op de warmtevraag (overige kavels). Hierbij zijn 3 scenario's verkend:

1. Per kavel worden monobronsystemen gerealiseerd (uitgezonderd MO4 i.v.m. lage energievraag).
2. MW2, MW3 en het Gemeentekantoor realiseren een doubletsysteem en de overige kavels een monobron (uitgezonderd MO4 i.v.m. lage energievraag).
3. In verband met de bestaande plannen wordt voor het Gemeentekantoor uitgegaan van een doublet en voor de overige kavels van monobronnen.

Voor elk scenario is de omvang van de benodigde systemen bepaald en ingepast op en rond de geplande kavels. Ook de bestaande vergunningen zijn hierin opgenomen. De inpassing kan alleen gebruikt worden om inzicht te krijgen in het ruimtebeslag van de systemen. Er is niet doorgerekend of het realiseren van deze systemen leidt tot ontoelaatbare onderlinge beïnvloeding tussen de systemen, tevens is geen rekening gehouden met beschikbare ruimte voor leidingwerk.

Wel is globaal rekening gehouden met de maaiveldinrichting waarbij systemen op of zo dicht mogelijk bij de bouwblokken zijn geplaatst. Voor de open systemen is tevens weergegeven: de thermische straal van elke bron (rood = warme bron doublet, blauw = koude bron doublet, groen = monobron). De thermische straal is een maat voor de ruimtelijke (thermische) beïnvloeding van de bron. Om ontoelaatbare onderlinge beïnvloeding te voorkomen is bij doubletten over het algemeen tussen een koude en een warme bron een afstand nodig van minimaal 2 tot 3 thermische stralen<sup>1</sup>. Daarom is bij doubletten per bron ook een cirkel met een straal gelijk aan 1,5 x de thermische straal (zwarte stippellijn) weergegeven. Voor de afstand tussen monobronnen onderling, tussen monobronnen en doubletsystemen en tussen open en gesloten systemen

---

<sup>1</sup> kennisplatform.bodemenergie.nl/ Sommer et al. PhD thesis, Wageningen University (2015)  
ISBN 978-94-6257-294-2

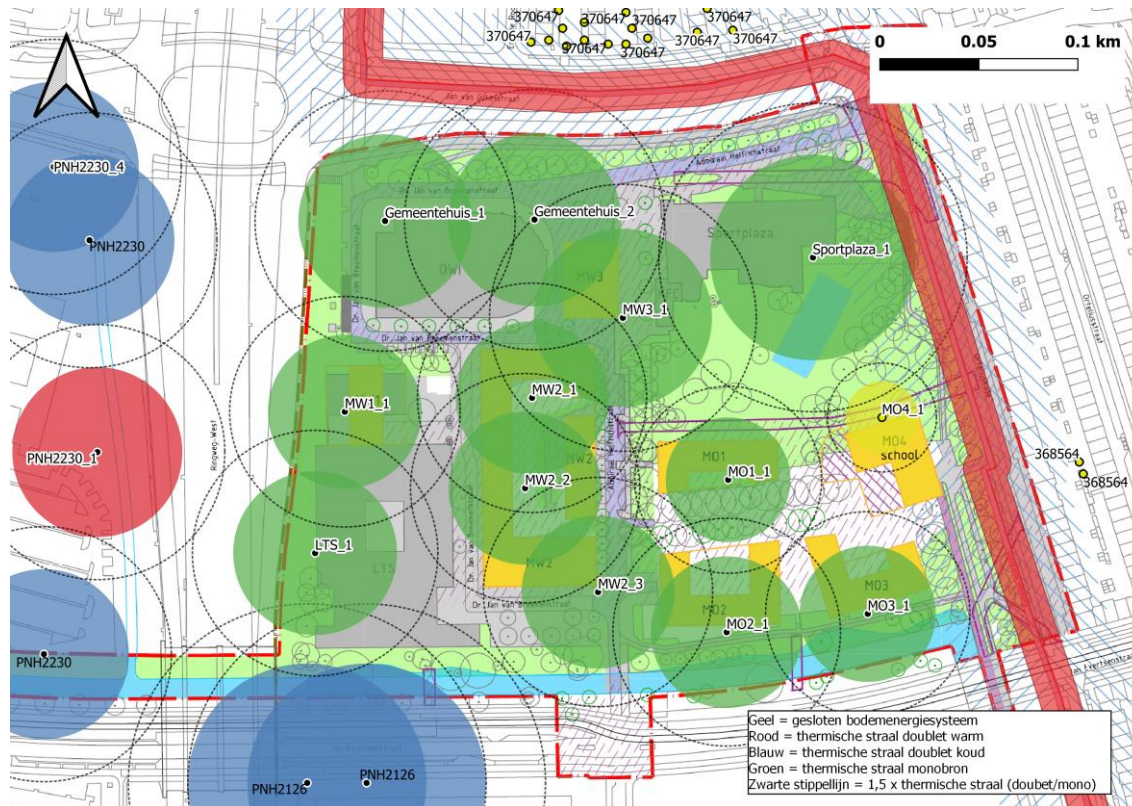
bestaan geen algemeen toepasbare afstandregels. NB het thermisch invloedsgebied wordt normaalgesproken gedefinieerd als de afstand tot waar een bodemenergiesysteem meer dan 0,5 °C invloed heeft op de temperatuur. Dit gebied is groter dan het gebied binnen de thermische straal; bovendien is het thermisch invloedsgebied in veel gevallen niet cirkelvormig door invloeden van naburige bronnen en regionale grondwaterstroming.

Voor vergunde systemen PNH2230 en PNH2126 zijn bronnen geclusterd. Het thermisch invloedsgebied is daardoor groter dan hier aangegeven; er moet daarom een grotere afstand worden aangehouden. Of er sprake is van (ontoelaatbare) onderlinge beïnvloeding kan worden onderzocht met een warmtetransport model.

### **Scenario 1: Monobronnen**

In Figuur 3 is de mogelijke ruimtelijke inpassing van de monobronsystemen weergegeven. Op een aantal locaties overlappen thermische stralen. Mits de filterdieptes en opslagtemperaturen van de verschillende systemen op elkaar worden afgestemd hoeft dit voor monobronnen niet per definitie nadelig te zijn. Onderlinge beïnvloeding kan zelfs gunstig zijn doordat het energieverlies naar de omgeving hierdoor afneemt. Wel dient de verticale afstand tussen de warme en koude bron voldoende groot te zijn. Voor meerdere monobronnen die tot hetzelfde systeem behoren kan indicatief een minimale afstand worden aangehouden van circa 30 m. Tussen verschillende monobronsystemen wordt aanbevolen minimaal 50 m afstand te houden. Op basis van deze uitgangspunten is er in principe voldoende ruimte voor alle bouwblokken om een energiesysteem aan te leggen op basis van één of meerdere monobronnen. Aanbevolen wordt dit nader te onderbouwen met behulp van een interferentieberekening. In het kader van de vergunning dient aangetoond te worden dat een het plaatsen van een nieuw systeem geen negatieve invloed heeft op bestaande vergunde systemen.



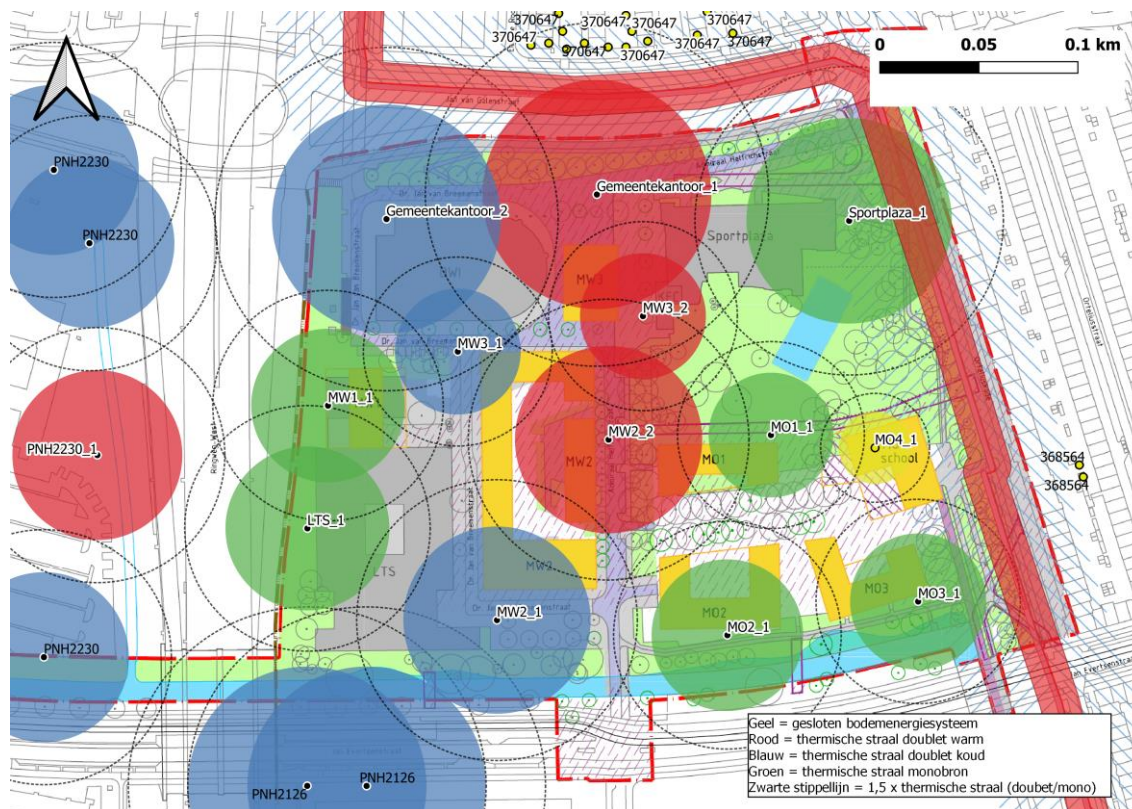


**Figuur 3: Mogelijke inpassing bodemenergiesystemen op basis van monobronnen. Binnen het rode gebied kunnen geen bronnen worden geplaatst i.v.m. minimale afstand tot de waterkering, in het blauw gearceerde gebied zijn onder voorwaarden bronnen mogelijk.**

### Scenario 2: Mix doubletten en monobronnen

In dit scenario wordt ervan uitgegaan dat kavels MW2, MW3 en het gemeentekantoor doublet systemen aanleggen, en de overige kavels monobronnen. De bronnen van het gemeentekantoor zijn gepositioneerd volgens het voorstel de haalbaarheidsstudie [1]. In dit geval ontstaat er een knelpunt ter plaatse van MW3 in verband met het doublet van het gemeentekantoor aan de noordkant en het doublet van MW2 aan de zuidkant. Hierdoor is inpassen van een systeem ter plaatse van MW3 niet zondermeer mogelijk. Inpassing is waarschijnlijk wel mogelijk als de koude bron verder van het kavel af wordt geplaatst (zie Figuur 4). Alternatief kan kavel MW3 een monobron inpassen waarbij het bovenste filter wat betreft temperatuur aansluit bij de warme bronnen van het gemeentekantoor en MW2 en het koude filter dieper wordt geplaatst. Hoe diep deze moet komen is afhankelijk van de brondieptes van de warme bronnen van het gemeentekantoor en MW2 en zou modelmatig onderzocht moeten worden.

Voor het gemeentekantoor is (volgens [1]) uitgegaan van een filterlengte van 23 m. Door een langer filter te plaatsen (bijvoorbeeld 40 m) kan de horizontale invloed van het systeem worden verkleind zodat meer ruimte ontstaat voor andere systemen (bv MW3).

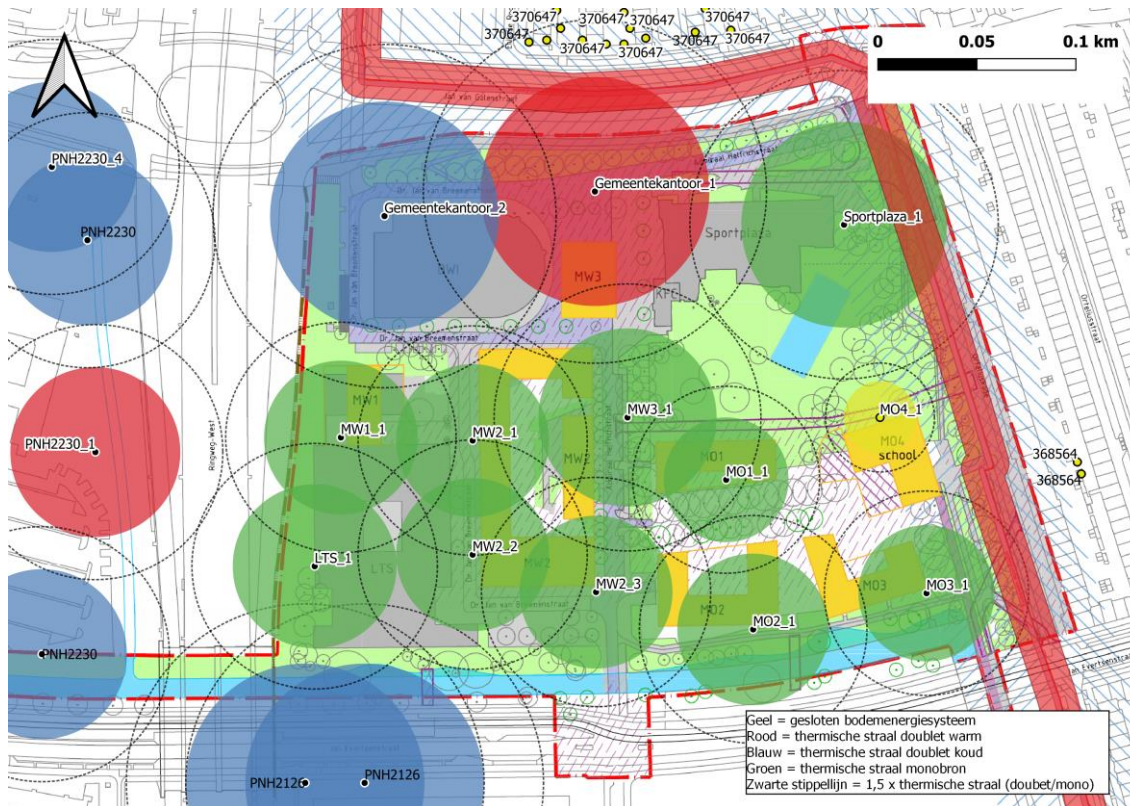


**Figuur 4: Mogelijke inpassing bodemenergiesystemen op basis van een mix van monobronnen en doubletten.** Binnen het rode gebied kunnen geen bronnen worden geplaatst i.v.m. minimale afstand tot de waterkering, in het blauw gearceerde gebied zijn onder voorwaarden bronnen mogelijk.

### Scenario 3: Gemeentekantoor doubletten en rest monobronnen

Voor de situatie dat het gemeentekantoor een doublet systeem realiseert (conform [1]) en de overige ontwikkelingen monobronnen is de mogelijke inpassing weergegeven in Figuur 5. In verband met de invloed van de bronnen van het gemeentekantoor kan kavel MW3 is het inpassen van een monobron systeem ter plaatse van MW3 niet zondermeer mogelijk. Inpassing is waarschijnlijk wel mogelijk als monobron verder van het kavel af wordt geplaatst (zie Figuur 5). Alternatief kan kavel MW3 een monobron inpassen waarbij het bovenste filter wat betreft temperatuur aansluit bij de warme bronnen van het gemeentekantoor en MW2 en het koude filter dieper wordt geplaatst. Hoe diep deze moet komen is afhankelijk van de brondieptes van de warme bronnen van het gemeentekantoor en zou modelmatig onderzocht moeten worden.





**Figuur 5: Mogelijke inpassing bodemenergiesystemen op basis van een mix van monobronnen en doubletten. Binnen het rode gebied kunnen geen bronnen worden geplaatst i.v.m. minimale afstand tot de waterkering, in het blauw gearceerde gebied zijn onder voorwaarden bronnen mogelijk.**

## 8. Conclusies en aanbevelingen

In deze studie is een inschatting gemaakt van de typen bodemenergiesystemen die passen bij de geplande ontwikkelingen in Jan Evertsenstraat West – Mercatorpark. Eerder onderzoek [2] heeft aangetoond dat er in het gebied in principe ruimte is voor minimaal 6 doubletten met een totale maximale capaciteit van 1.710 m<sup>3</sup>/uur. Op basis van het programma is de prognose dat voor de geplande bebouwing minimaal 3 doubletten nodig zijn, met een gezamenlijke capaciteit van 600 m<sup>3</sup>/uur. In principe is er dus genoeg ruimte om alle gebouwen te koppelen aan een open bodemenergiesysteem indien gekozen wordt voor een collectief systeem.

Indien gekozen wordt voor een individueel bodemenergiesysteem (per kavel) zijn 10 bodemenergiesystemen nodig. Dit kunnen monobronnen zijn of doubletten. Doubletten liggen vooral voor de hand voor de kavels met veel programma (Gemeentekantoor, MW2 en eventueel MW3).

Als alle kavels monobronnen toepassen zijn circa 12 monobronnen noodzakelijk. Deze kunnen naar verwachting goed in het gebied worden ingepast (zie Figuur 3). Als er een mix komt van doubletten en monobronnen kunnen er knelpunten ontstaan. In het voorbeeld in Figuur 4 ontstaat er in ieder geval een knelpunt rondom MW3. Afhankelijk van de bronlocaties van andere kavels kan echter ook op andere plekken een knelpunt ontstaan.

Geconcludeerd wordt dat een collectief systeem in dit gebied niet noodzakelijk is om alle ontwikkelingen te kunnen aansluiten op bodemenergie. Voor het gemeentekantoor wordt uitgegaan een doubletsysteem met de bronlocaties zoals in de haalbaarheidsstudie [1]. In de haalbaarheidsstudie wordt uitgegaan van bronfilters van 23 m lengte. Om het invloedsgebied van dit systeem te verkleinen wordt aanbevolen langere bronfilters te plaatsen (minimaal 35 m). Om het inpassen van bodemenergiesystemen van de overige kavels te faciliteren wordt aanbevolen:

1. Voor te schrijven dat alleen monobronnen gemaakt mogen worden. Deze zijn onderling beter in te passen dan een mix van monobronnen en doubletten.
2. Per kavel globale zoekgebieden aan te wijzen waar monobronnen kunnen komen. Dit voorkomt dat ontwikkelingen die later opstarten geen ruimte meer hebben om hun bronsysteem te plaatsen (in verband met bestaande vergunningen en beperkingen ten aanzien van de waterkering).
3. Ter onderbouwing van de haalbaarheid van (1.) doorrekenen of in dat geval voldoende horizontale en verticale afstand tussen de bronfilters aanwezig is om alle systemen te kunnen realiseren.
4. De zoekgebieden vast te leggen in een bodemenergieplan. Na vaststelling (door gemeente en provincie) is dit plan bindend voor alle partijen. Alternatief kan het plan worden afgestemd met grondeigenaren en/of ontwikkelende partijen. In dat geval is het plan niet juridisch afdwingbaar, maar het wordt wel makkelijker om wijzigingen en optimalisaties door te voeren.

## Bijlage 1: Kentallen

kentallen energievraag (gebouwzijdig)		per BVO			per GO		
gebouwfunctie		Wonen	Utiliteit	Zwembad	Wonen	Utiliteit	Zwembad**
ruimteverwarming	kWh/m <sup>2</sup> /jaar	23.5	30.6	272.7	27.7	36.0	320.8
warmtapwater	kWh/m <sup>2</sup> /jaar	19.3	0.4	0.0	22.7	0.5	0.0
koeling / zomercomfort	kWh/m <sup>2</sup> /jaar	9.1	32.0	0.0	10.7	37.7	0.0
aansluitvermogen warmte*	W/m <sup>2</sup>	29.8	37.0	153.0	35.0	43.5	180.0
aansluitvermogen koude	W/m <sup>2</sup>	12.8	59.9	0.0	15.0	70.5	0.0

\*inclusief tapwater

\*\*voor de functie zwembad is uitgegaan van een warmtevraag (incl. tapwater) op basis van 35 m<sup>3</sup> gas/m<sup>2</sup> gebruiksoppervlak ([https://dashboards.cbs.nl/v2/energieverbruik\\_sportvastgoed/](https://dashboards.cbs.nl/v2/energieverbruik_sportvastgoed/)) en een vermogensvraag warmte 180 W/m<sup>2</sup> (Sweco, Warmtestudie Calluna zwembad en wijk van de toekomst gemeente Ermelo, 07-09-2018).

kentallen bodemenergie			
dT gemiddeld	C	6	
COP gemiddeld (warmtelevering)	-	4	
range debiet doublet	m <sup>3</sup> /u	70	250
range debiet monobron	m <sup>3</sup> /u	20	80
range diepte bodemlussen	m-mv	50	200
filterlengte doublet	m	40	
filterlengte monobron	m	20	
vermogen bodemlus	W/m	30	
porositeit	-	0.3	
warmtecapaciteit water	MJ/m <sup>3</sup> /C	4.183	
warmtecapaciteit korrelskelet	MJ/m <sup>3</sup> /C	1.700	
warmtecapaciteit aquifer	MJ/m <sup>3</sup> /C	2.445	





### Bijlage 3: Typen bodemenergiesystemen

Er bestaan verschillende typen bodemenergiesystemen. Onder andere kan onderscheid worden gemaakt tussen open en gesloten systemen. Een schematische tekening is opgenomen in Figuur 6.

#### Open systemen

Bij open systemen wordt middels onttrekkings- en infiltratiebronnen grondwater uit de bodem omhoog gepompt en na gebruik voor verwarming of verkoeling weer in de bodem gebracht. Binnen de open systemen wordt nog onderscheidt gemaakt tussen doubletsystemen en monobronnen.

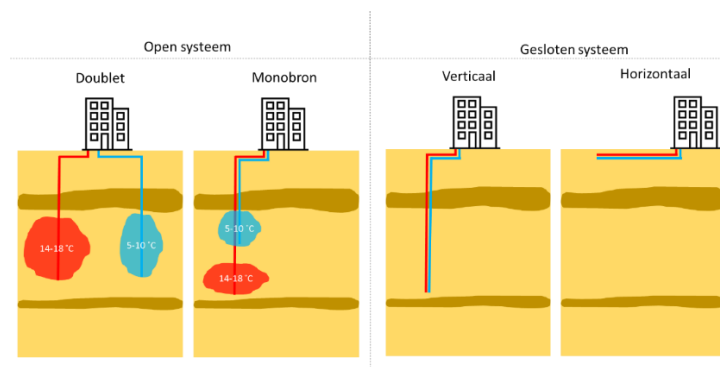
Een **doublet** bestaat uit twee bronnen (een onttrekkingsbron en een infiltratiebron) die in een apart boorgat worden geplaatst. Er zijn dus twee boorgaten nodig. Over het algemeen worden de bronfilters op dezelfde diepte gerealiseerd waarbij een bepaalde afstand tussen de bronnen wordt gehanteerd. Het is ook mogelijk de bronfilters op verschillende diepte te plaatsen, in dat geval kan de horizontale afstand tussen de bronnen worden verkleind (scheefgesteld doublet).

Bij een **monobron** worden het onttrekkingsfilter en het infiltratiefilter in hetzelfde boorgat aangelegd. Deze bevinden zich dus boven elkaar. Omdat maar 1 boorgat nodig is kunnen de kosten lager zijn dan voor een doubletsysteem waar minimaal 2 boorgaten nodig zijn. Bij een beperkte dikte van het watervoerend pakket en beperkte boordiameter is de maximale capaciteit van een monobron lager dan van een doublet systeem.

Een open bodemenergiesysteem kan bestaan uit meerdere monobronnen of doubletten.

#### Gesloten systeem

Bij een gesloten bodemenergiesysteem wordt geen grondwater verplaatst. In plaats daarvan wordt een vloeistof gecirculeerd door buizen onder de grond. De uitwisseling van warmte met de bodem vindt plaats door geleiding door de wand van de buis. De buizen kunnen zowel horizontaal als verticaal aangelegd worden. Een gebruikelijke toepassing is Amsterdam zijn verticale buizen die worden aangelegd tot een diepte van maximaal circa 200 m. Een systeem kan bestaan uit meerdere verticale buizen.



Figuur 6: Schematische tekening typen bodemenergiesystemen