

Bodemenergieplan Beurskwartier te Utrecht

Projectnummer: C17020

Status: definitief

3 mei 2018

Colofon

Auteur

Niels Schuurman (Buro Bron)
Ko Hage (TTE)
Coen Dijkhoorn (Buro Bron)

Datum

3 mei 2018

Vrijgave

Arne Alphenaar (TTE)

Projectnummer

C17020

Opdrachtgever

Gemeente Utrecht

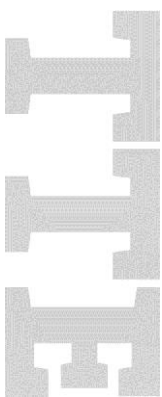
Project

Bodemenergieplan Beurskwartier

TTE Consultants B.V.
Keizerstraat 16
7411 HH DEVENTER
Tel. 0570-665870
Web www.engineers.nl
Mail info@engineers.nl

Inhoudsopgave

1	Inleiding	1
1.1	Aanleiding	1
1.2	Het Beurskwartier	2
1.3	Uitgangspunten	2
2	Plankaart en ordeningsregels	4
2.1	Plankaart	4
2.2	Ordeningsregels	6
3	Bevoegd gezag	8
	Bijlage 1: Referenties	
	Bijlage 2: Bodemenergiesystemen en energieconcepten	
	Bijlage 3: Bodempotentie Beurskwartier (<i>wat heeft de bodem te bieden</i>)	
	Bijlage 4: Vier varianten bronconfiguraties 1^e watervoerende pakket	
	Bijlage 5: Inschatting energie- en vermogensvraag	
	Bijlage 6: Analyse vraag versus aanbod	
	Bijlage 7: Diepere watervoerende lagen	



1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De gemeente Utrecht heeft een ambitieuze energieagenda. Het doel is om in 2030 energieneutraal te zijn. De gemeente signaleert dat bodemenergie een significante bijdrage kan en moet leveren aan de in gang gezette energietransitie. De gemeente en de provincie Utrecht werken daartoe samen aan de Utrechtse Bodemenergie Agenda. Het doel is op een duurzame wijze, rekening houdend met alle functies van de ondergrond, de bijdrage van de bodem aan de energietransitie te vergroten.

Een van de deelgebieden binnen de gemeente Utrecht met veel dynamiek is het Beurskwartier (zie figuur 1.1). De komende tien jaar vinden in het Beurskwartier veel nieuwbouw- en herontwikkelingen plaats (o.a. Healthy Urban Quarter en Galaxy Tower). Er zijn open bodemenergiesystemen (WKO) binnen en in de directe omgeving van het plangebied aanwezig. Voor zover bekend zijn geen gesloten bodemenergiesystemen (Bodemwarmtewisselaars) binnen en in de directe omgeving van het plangebied aanwezig. De exacte ruimtelijke invulling in dit zeer drukke stedelijk gebied is niet altijd bekend en zal de komende jaren verder vorm krijgen.



Figuur 1.1: Plangebied “Beurskwartier”

1.2 Het Beurskwartier

In 2010 is door Tauw een M.E.R. 'Koude- Warmteopslag Stationsgebied Utrecht' opgesteld. De initiatiefnemers, waaronder de gemeente Utrecht, hebben de in de M.E.R. opgenomen plankaart erkend als ruimtelijke ordeningsinstrument. Geconstateerd wordt dat bestaande WKO-systemen niet optimaal gebruik maken van de beperkte ruimte in de ondergrond.

Het Beurskwartier is door de gemeente Utrecht bestempeld als een zogenaamd interferentiegebied. Met de invoering van de AMvB Bodemenergie per 1 juli 2013 heeft de gemeente Utrecht de mogelijkheid om interferentiegebieden aan te wijzen. Binnen het interferentiegebied van Beurskwartier zijn sturingsprincipes en ordeningsregels van toepassing. Deze zijn opgenomen in dit Bodemenergieplan. De sturingsprincipes worden door de gemeente Utrecht en de provincie Utrecht gehanteerd om, in het kader van doelmatig grondwatergebruik, efficiency te vergroten en de ondergrondse ruimteclaim zowel in aanvraag als praktijk te beperken. Ontwikkelaars/gebruikers dienen zich bij de ruimtelijke inrichting van hun bodemenergiesysteem te conformeren aan deze ordeningsregels; vergunningaanvragen worden hieraan getoetst.

1.3 Uitgangspunten

De uitgangspunten die gehanteerd zijn bij het opstellen van de plankaart en de ordeningsregels, zijn opgenomen in de bijlagen bij dit Bodemenergieplan. Het gaat daarbij om de volgende aspecten.

Keuze van het type bodemenergiesysteem en het energieconcept

Er bestaan verschillende bodemenergiesystemen en energieconcepten. In bijlage 2 worden deze kort toegelicht.

Potentie van de bodem

De potentie van de bodem voor het toepassen van bodemenergie wordt bepaald door verschillende factoren, zoals de bodemopbouw, het ondergronds ruimtegebruik van de bestaande WKO systemen en andere functies van het (toekomstig) ondergronds ruimtegebruik zoals hemelwaterinfiltratie. Op deze aspecten wordt in bijlage 3 nader ingegaan.

Een belangrijk uitgangspunt hierbij is dat bodemenergiesystemen in het Beurskwartier (dynamische zone gebiedsplan) alleen in het 1^e watervoerend pakket zijn toegestaan.

Inschatting van vermogens- en energievraag

Op basis van de bestaande (bovengrondse) ruimtelijke plannen is een inschatting gemaakt van de warmte- en koudevraag (bijlage 5).

Vraag vs. aanbod

Door de vermogens- en energievraag te vergelijken met de bodempotentie, kan worden vastgesteld waar nog bodemenergie kan worden toegepast in het Beurskwartier en in welke mate deze de vraag dekt. Deze analyse is opgenomen in bijlage 6.

Diepere lagen

Zoals eerder aangegeven, zijn bodemenergiesystemen in het Beurskwartier (dynamische zone gebiedsplan) alleen toegestaan in het 1^e watervoerend pakket. Mogelijk kan dit in de toekomst veranderen. In bijlage 7 worden daarom kort de mogelijkheden van de diepere lagen geschetst.

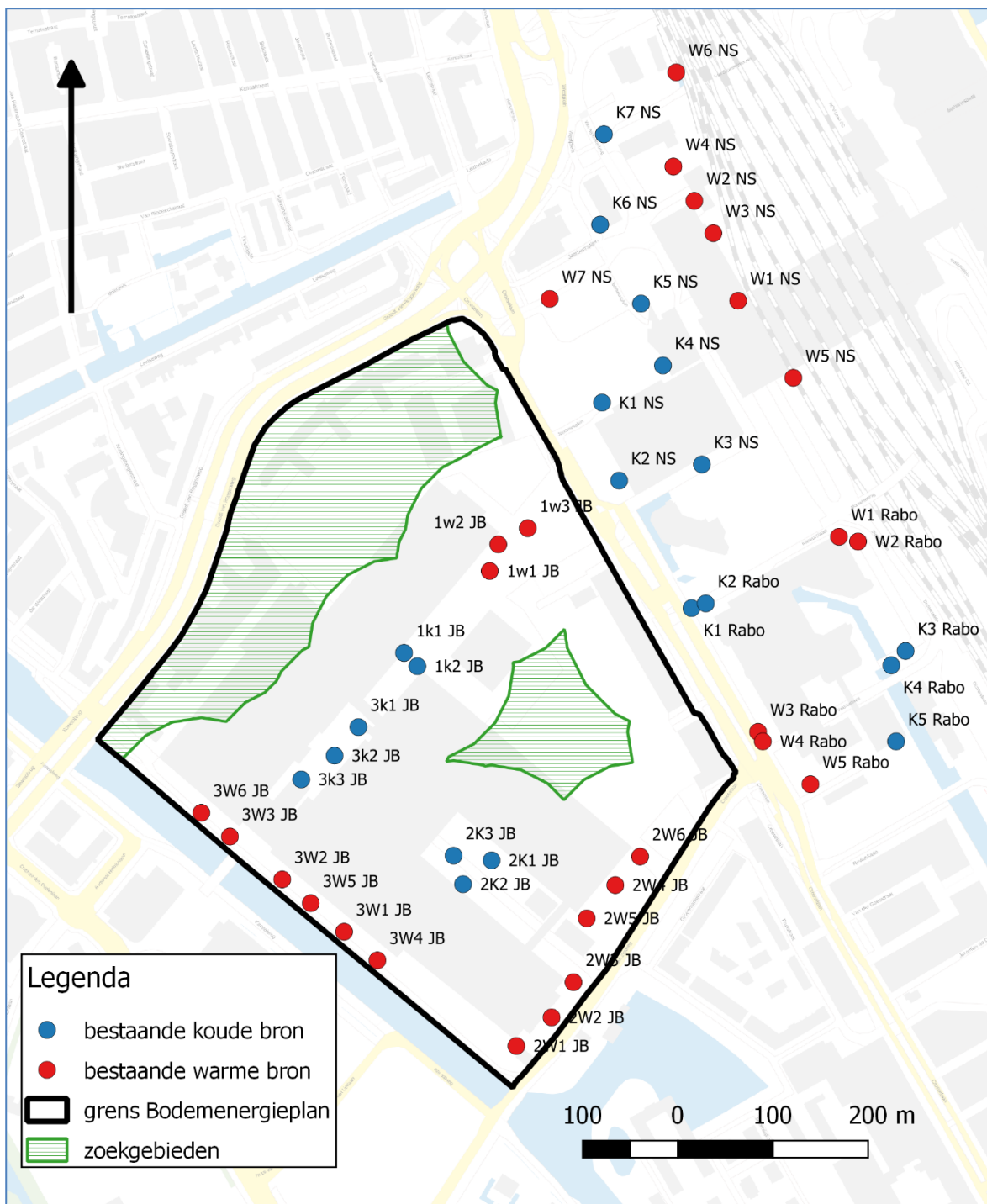
2 Plankaart en ordeningsregels

Uit de vergelijking van vraag een aanbod (zie bijlage 6) blijkt, dat binnen het plangebied Beurskwartier voor nieuwe bodemenergiesystemen behoefte is aan ordeningsregels om de (resterende) capaciteit van de ondergrond optimaal te benutten. In dit hoofdstuk worden de plankaart en de ordeningsregels gepresenteerd. Aan deze ordeningsregels liggen de volgende sturingsprincipes ten grondslag. Deze sturingsprincipes zijn door de gemeente en provincie geformuleerd en gelden voor de gehele gemeente:

1. Reductie van de energie- en vermogensvraag van het gebouw teneinde de ondergrondse ruimteclaim te beperken.
2. Doelmatig grondwatergebruik om efficiency te vergroten en de ondergrondse ruimteclaim zowel in aanvraag als de praktijk te beperken.
3. Benutting van samenwerkingsvoordeel teneinde de ondergrondse ruimteclaim te beperken.
4. Borgen van andere bodem- en grondwaterbelangen en verantwoordelijkheden van initiatiefnemers.
5. Optimale energetische werking tijdens exploitatie (beheerfase).

2.1 Plankaart

In figuur 2.1 is de plankaart behorende bij het Bodemenergieplan weergegeven. Een groot deel van het plangebied wordt in beslag genomen door de (invloedssfeer van) bestaande WKO-systemen. Wat resteert voor nieuwe WKO-systemen zijn de (groen gearceerde) zoekgebieden.



Figuur 2.1.: Plankaart met grens Bodemenergieplan, bestaande WKO-systemen en resterende zoekgebieden.

2.2 Ordeningsregels

Binnen het plangebied Beurskwartier worden de volgende ordeningsregels voor nieuwe bodemenergiesystemen gehanteerd:

Collectiviteit

De mogelijkheden om een vergunning aan te vragen in het kader van de Waterwet binnen de groen gearceerde zoekgebieden van het Beurskwartier zijn beperkt. Als regel geldt: collectief, tenzij.

Collectief betekent dat de aanvraag gebaseerd moet zijn op een collectief WKO systeem, waarbij minimaal één doubletsysteem op meerdere gebouwwontwikkelingen (vastgoedprojecten) wordt aangesloten. Tenzij betekent dat hierop kan worden afgeweken indien wordt aangetoond, dat de aanvraag geen andere (collectieve) WKO aanvragen in de weg staat.

Positionering systeem

1. WKO-systemen zijn alleen toegestaan in het 1^e watervoerende pakket. Doubletsystemen zijn toegestaan. Monobronnen en recirculatiesystemen zijn niet toegestaan.
2. Bodemwarmtewisselaars zijn niet toegestaan.
3. Warme en koude bronnen van een doubletsysteem dienen te worden gepositioneerd binnen de zoekgebieden van de plankaart opgenomen in figuur 2.1.
4. Doubletten dienen aan te sluiten. Ze worden aan de randen van het interferentiegebied of aansluitend op de bestaande systemen geplaatst; of ze houden zoveel ruimte over ten opzichte van de randen en bestaande systemen dat er nog een toekomstig doublet tussen/naast past.
5. De bronnen van het nieuwe WKO-systeem dienen zoveel mogelijk kruislings (warm bij koud en koud bij warm) gepositioneerd te worden ten opzichte van de bestaande WKO-systemen, dit om te grote grondwaterstandsveranderingen te voorkomen.
6. Om de hydrologische invloed op de grondwaterstand te beperken en thermische interactie te voorkomen, dient gebruik te worden gemaakt van één van de vier varianten uit bijlage 2. De gekozen bronconfiguratie dient middels hydrologische en hydrothermische berekeningen te worden onderbouwd, rekening houdend met alle (toekomstige) WKO-systemen.

Dimensionering systeem

7. De bronnen moeten geschikt zijn om 80 m³/uur te verwerken. Eventuele overcapaciteit van een grondwaterbron dient beschikbaar te zijn voor andere initiatiefnemers.
8. In het ontwerp van nieuwe WKO-systemen dient rekening te worden gehouden met een extra verlaging van 1 meter in de bronnen ten gevolge van hydrologische invloed van andere WKO-systemen.

Energie

9. Het WKO-systeem dient thermisch in balans te zijn. De Provincie verwoordt deze balanssituatie in de beschikking van de Waterwet.
10. Alleen opgeslagen warmte die tot stand is gekomen tijdens koelbedrijf, mag vanuit de WKO geleverd worden (geen warmte laden in de WKO met externe bronnen).

Overig

11. Initiatiefnemers dienen hun bronlocaties en leidingtracés voorafgaand aan een vergunningaanvraag Waterwet af te stemmen met de gemeente.
12. Afwijkingen van de ordeningsregels in dit Bodemenergieplan zijn mogelijk (met uitzondering van ordeningsregels 1 en 2), mits aangetoond wordt dat deze afwijking geen nadelige gevolgen heeft voor (toekomstige) belangen. De gevolgen van de afwijkingen worden met de gemeente en provincie besproken alvorens de vergunning Waterwet wordt aangevraagd.

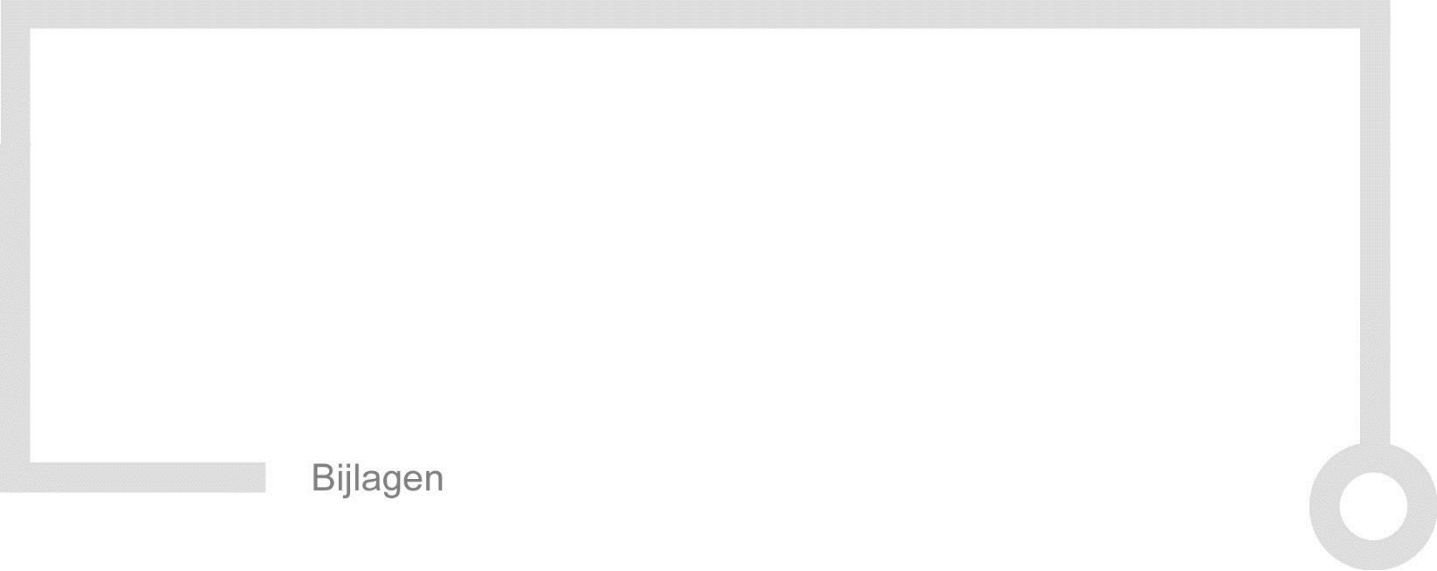
Het Beurskwartier is de komende 10 jaar sterk in ontwikkeling. Het bepalen van de locaties van nieuwe WKO bronnen en de bijbehorende kabel- en leidingtracés is geen sinecure. Een initiatiefne-mer dient hierover in een vroegtijdig stadium contact te hebben met de gemeentelijke gebiedsont-wikkelaar en/of de duurzaamheidsregisseur van het Beurskwartier [ref. 6].



3 Bevoegd gezag

Voor een nieuwe aanvraag van een vergunning Waterwet voor een WKO systeem in het Beurskwartier is de provincie Utrecht bevoegd gezag. De RUD (Regionale Uitvoeringsdienst) Utrecht voert de vergunningverlenings-, handhavings- en adviestaken voor de provincie Utrecht uit. Een aanvrager zal zich dan ook allereerst wenden tot de RUD. De RUD weet dat voor het Beurskwartier door de gemeente Utrecht een interferentiegebied met een onderliggend Bodemenergieplan is opgesteld en zal de aanvrager aanraden om ook contact op te nemen met de/een duurzaamheidsregisseur binnen de gemeente Utrecht [ref. 6].

De RUD neemt de aanvraag in behandeling en toetst aan de regels. Onderling vindt afstemming plaats over de aanvraag tussen gemeente, provincie en RUD.



Bijlagen



Bijlage 1: Referenties

1. Plan gemeentelijke watertaken 2016-2019; gemeente Utrecht
2. "Increasing Freshwater Recovery Upon Aquiferstorage", Koen G. Zuurbier, 2016
3. Besluitvormings Uitvoerings Methode (BUM)
4. Hoofdrapport "Gebiedsplan gebiedsgericht Grondwaterbeheer en visie op duurzaam gebruik van de ondergrond"; Gemeente Utrecht, Royal HaskoningDHV; april 2015.
5. Utrechtse Bodemenergie Agenda 2016-2018; "Meer energie uit de bodem"
6. Omgevingsvisie Beurskwartier en Lombokplein; juni 2017
7. "Kansen voor Ondiepe Geothermie voor de glastuinbouw"; Kema, IF Technology, DLV glas & energie; juni 2012.

Bijlage 2: Bodemenergiesystemen en energieconcepten

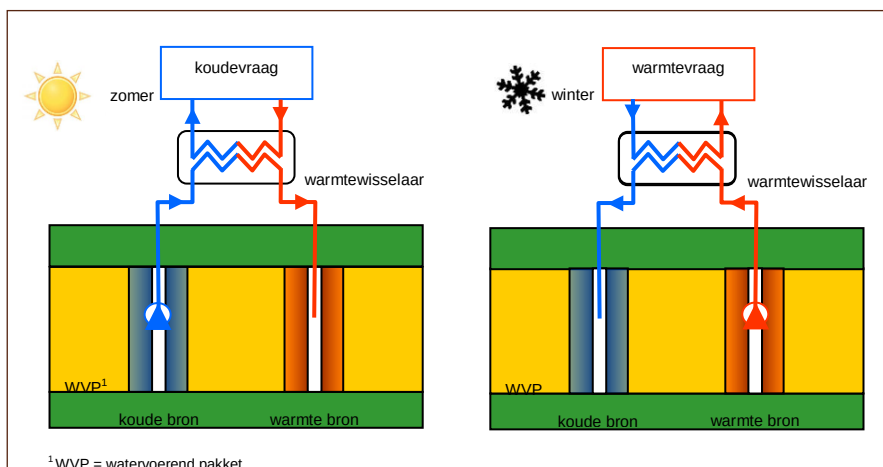
Type bodemenergiesystemen

Er kan onderscheid gemaakt worden tussen twee soorten bodemenergiesystemen: open systemen (WKO) en gesloten systemen (bodemwarmtewisselaars).

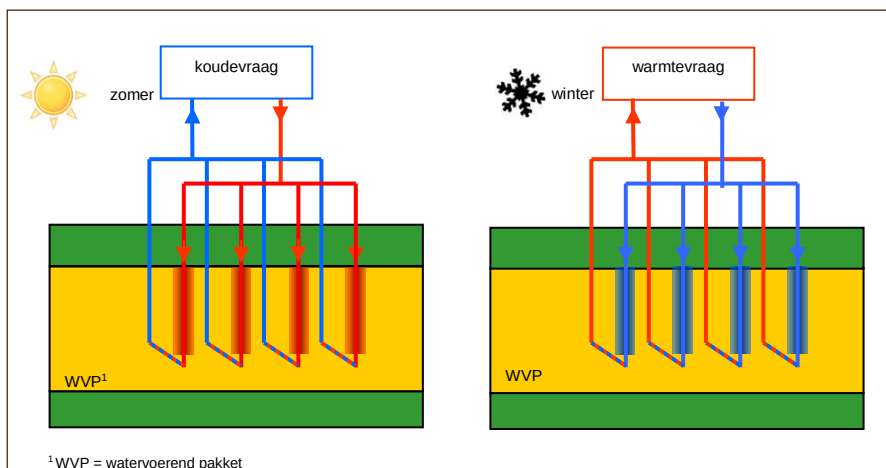
Bij een WKO-systeem wordt het in de bodem aanwezige grondwater als opslagmedium voor omgevingswarmte en koude gebruikt (zie figuur 1). Het grondwater wordt onttrokken uit één van de bronnen (afhankelijk van het seizoen) en geeft via een warmtewisselaar koude of warmte af aan het gebouw, waarna het grondwater weer geïnjecteerd wordt in de andere bron.

Monobronnen (warme en koude filter boven elkaar) en recirculatiesystemen (geen warme en koude bron, maar een onttrekkingsbron en een infiltratiebron) zijn in het Beurskwartier niet toegestaan, omdat ze ruimtelijk moeilijk inpasbaar zijn in combinatie met (bestaande) doubletten. Het toepassen van monobronnen en recirculatiesystemen leidt tot inefficiënt ruimtegebruik in de bodem.

Bij een bodemwarmtewisselaar wordt een mengsel van water met een koelvloeistof rondgepompt in een gesloten circuit van bodemlussen (zie figuur 2). Afhankelijk van het seizoen wordt warmte of koude onttrokken uit de bodem en afgegeven aan het gebouw. Bodemwarmtewisselaars zijn in het Beurskwartier niet toegestaan, omdat dit leidt tot inefficiënt ruimtegebruik in de bodem, ook in relatie tot geringe potentie (zie ook Bijlage 3 over Potentie bodemwarmtewisselaars). Het heeft dus geen zin om via het Omgevingsloket Online een vergunningaanvraag te doen voor het toepassen van een bodemwarmtewisselaarsysteem in het Beurskwartier.



Figuur 1: Principe van een WKO



Figuur 2: Principe van bodemwarmtewisselaars

Energieconcepten

Bij de toepassing van WKO kunnen verschillende energieconcepten worden gekozen. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen monovalente en bivalente varianten.

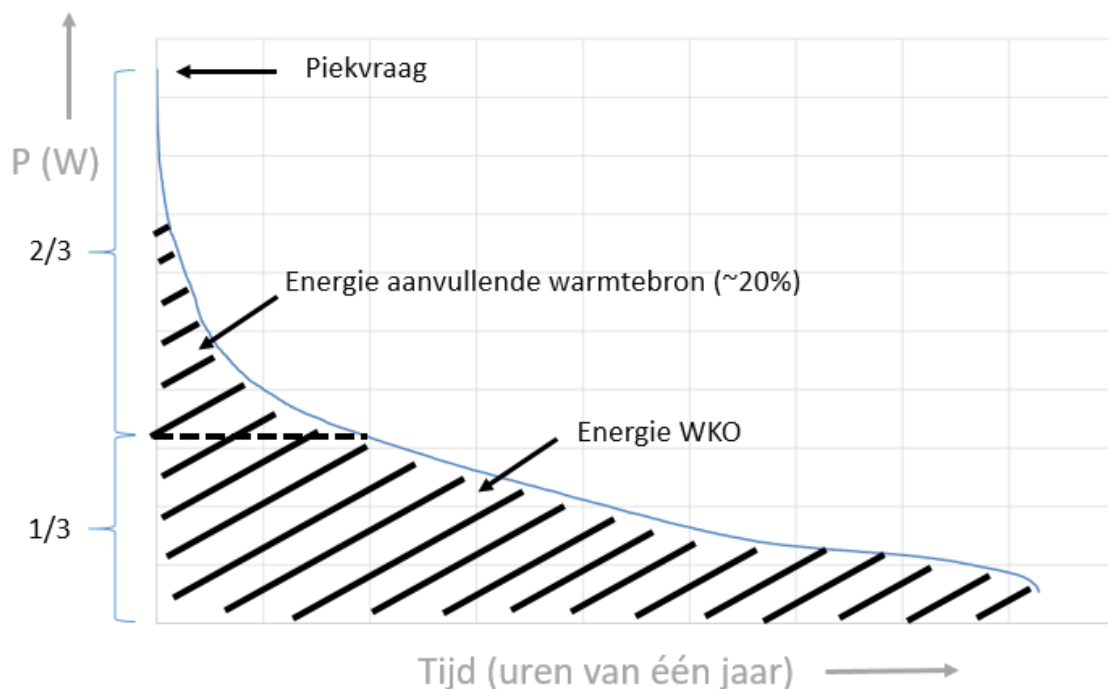
Bij een monovalente variant wordt alle warmte en alle koude vanuit de bodem geleverd. De warmte dient als bron voor de warmtepomp. De efficiëntie van een warmtepomp wordt vaak uitgedrukt met een COP, ofwel Coëfficiënt of Performance. De COP-waarde geeft aan hoeveel keer de energie die in het systeem wordt gestopt, wordt omgezet in benutbare energie. Een warmtepomp met een COP van 4 levert met 1 deel elektra 4 delen warmte. Met andere woorden 75% van de warmte en het vermogen wordt vanuit de bodem geleverd.

Bij een bivalente installatie wordt de piek van de warmtelevering geleverd door een andere warmtebron dan de warmtepomp/WKO. Een veel gebruikte verhouding is dat 1/3 van het *vermogen* en 80% van de *energie* met de warmtepomp/WKO geleverd wordt.

In onderstaand kader wordt het verschil tussen vermogen en energie nader toegelicht.

Vermogen en energie

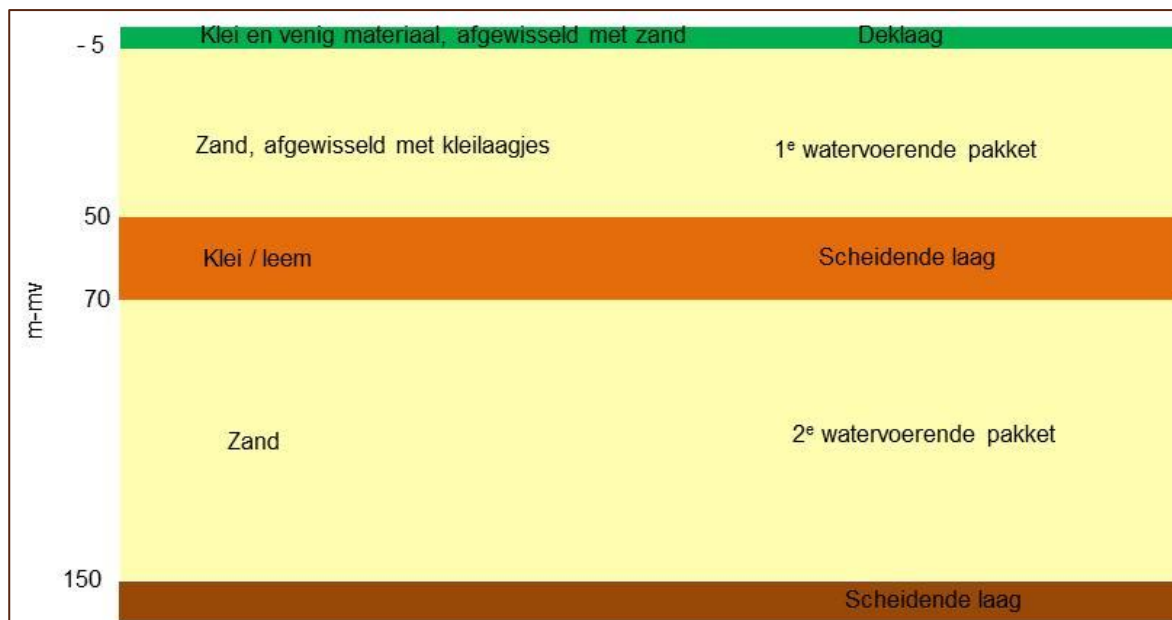
In onderstaande figuur is een jaarbelastingduurkromme weergegeven. Op de verticale as is het vermogen weergegeven (P , in MW) en op de horizontale as de tijd. Circa $2/3$ van het totale vermogen betreft een piekvraag (winter en warm tapwater). De oppervlakte onder de curve ($P \times t$) is de hoeveelheid geleverde energie. Bij een monovalent systeem wordt deze volledige hoeveelheid energie (som van rode en blauwe oppervlakte) geleverd door de warmtepomp/WKO. Bij een bivalent systeem wordt het “blauwe” deel geleverd door de warmtepomp/WKO; de vermogenspiek (rode oppervlakte) wordt geleverd door een andere warmtebron.



Bijlage 3: Bodempotentie Beurskwartier (wat heeft de bodem te bieden)

Bodemopbouw

De bodemopbouw ter plaatse van het Beurskwartier is schematisch weergegeven in figuur 1.



Figuur 1: Schematische weergave bodemopbouw ter plaatse van plangebied Beurskwartier

Potentie voor WKO

Beleidsmatig

Het toepassen van WKO is in het Beurskwartier alleen toegestaan in het 1^e watervoerend pakket. Het doorboren van de eerste scheidende laag is niet toegestaan volgens het Gebiedsplan gebiedsgericht Grondwaterbeheer [ref. 4]

Potentie per doublet (wat heeft de bodem te bieden)

Op basis van de hiervoor geschetste bodemopbouw is in het 1^e watervoerend pakket per doublet een maximaal debiet van circa 80 m³/uur mogelijk. Op basis van dit debiet kan een bepaald vermogen met een bron worden gerealiseerd. Afhankelijk van het aantal vollaasturen dat de bron wordt ingezet, wordt de potentie aan waterverplaatsing en energiehoeveelheid per doublet vastgesteld. De potentie voor bronnen in dit pakket is weergegeven in tabel 1.

Tabel 1: Potentie per doublet (1 warme en 1 koude bron) in 1^e watervoerende pakket

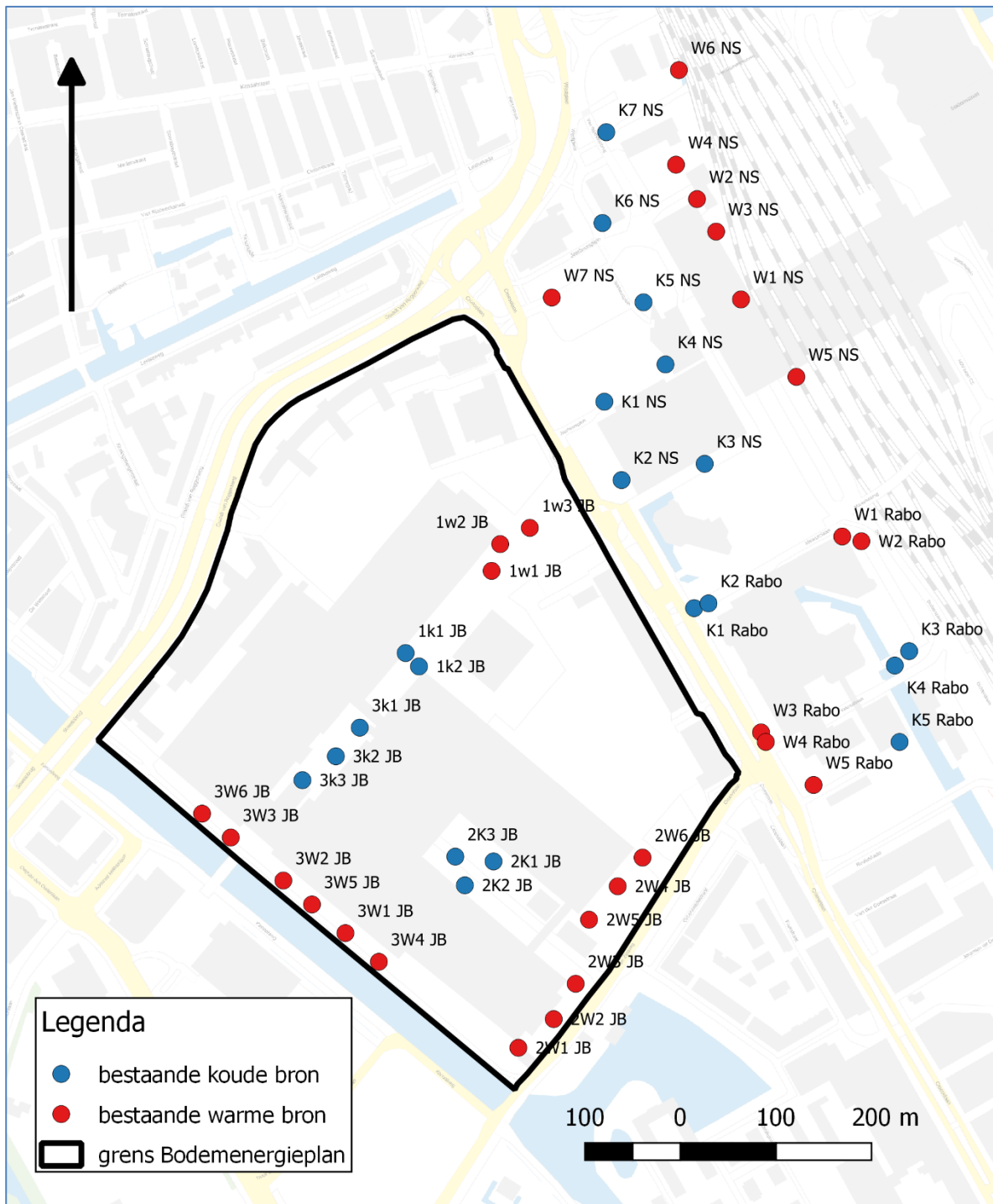
	Eenheid	Aantal
Vermogen	kW	650
Energiehoeveelheid	MWh/seizoen	600 à 1.000
Debiet	m ³ /uur	80
Waterverplaatsing	m ³ /seizoen	100.000 à 160.000

Uitgangspunten bij het inschatten van de potentie per doublet zijn:

- Temperatuurverschil tussen een warme en een koude bron tijdens het leveren van het maximaal vermogen (ontwerp ΔT) is 7 °C.
- Het gemiddelde temperatuurverschil over het seizoen tussen een warme en een koude bron (gemiddelde ΔT) is 5 °C.

Bestaande WKO-systemen

De bestaande WKO-systemen in en nabij het plangebied zijn weergegeven in figuur 2. Het betreffen de systemen van de Rabobank, NS Stations (o.a. Stadskantoor) en Jaarbeurs.



Figuur 2: Vergunde WKO-systemen binnen en in de nabijheid van de grens van het plangebied van Bodemenergieplan Beurskwartier (N.B. niet alle bronnen van NS Stations zijn op het moment van schrijven gerealiseerd)

Mogelijke bronconfiguraties (wat heeft de bodem te bieden)

De minimale afstand tussen warme en koude bronnen wordt bepaald door de hoeveelheid energie die wordt opgeslagen (MWh) en is gerelateerd aan de waterverplaatsing ($\text{m}^3/\text{seizoen}$). De afstand moet dusdanig groot zijn, dat de bronnen elkaar thermisch niet negatief beïnvloeden. Voor het vaststellen van de bodempotentie is uitgegaan van een minimale bronafstand van $2,5 \times$ de thermische straal [ref. 3].

In drukke gebieden is het van belang dat de systemen in balans zijn. Er wordt op lange termijn evenveel warmte als koude opgeslagen en onttrokken aan de bodem. Als de systemen niet in balans zijn, nemen ze meer ruimte in beslag in de bodem. De afstand tussen de koude en warme bronnen moet dan significant groter zijn om thermische interactie te voorkomen.

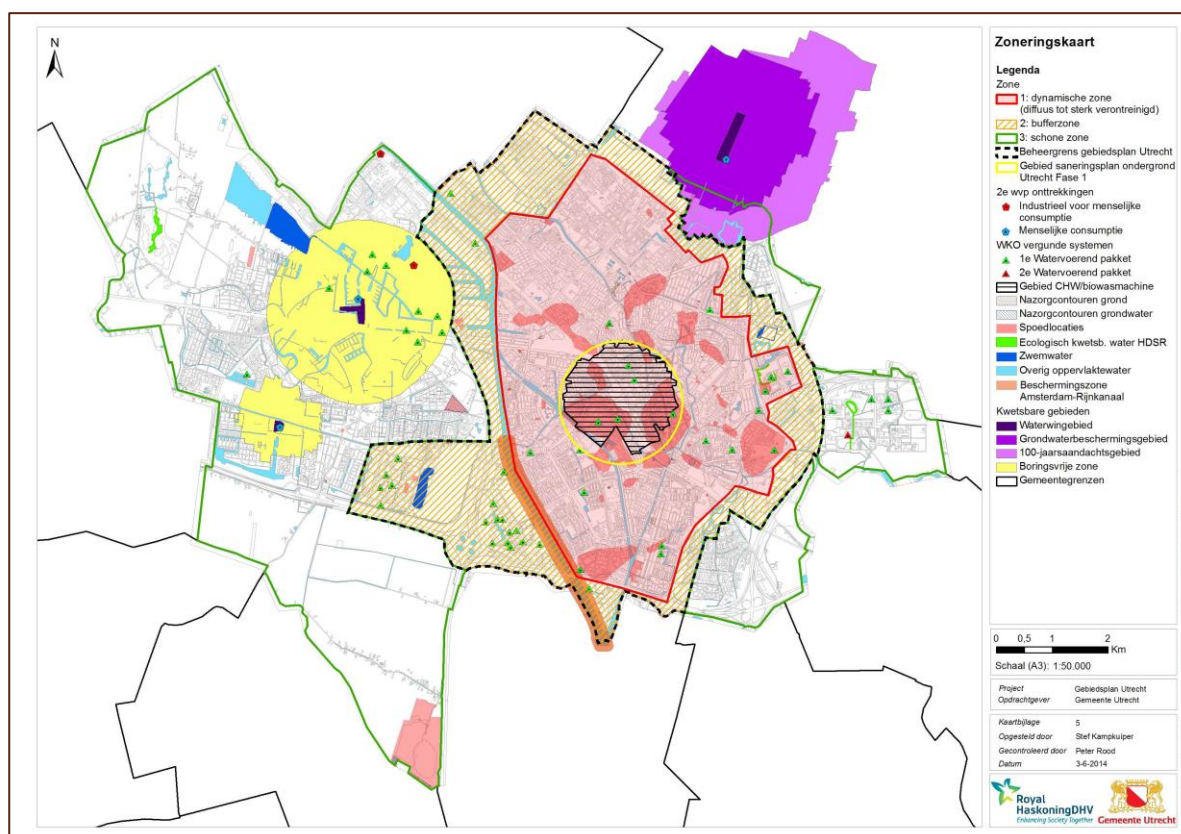
Omdat het pakket relatief ondiep is gelegen, hebben de bronnen relatief veel invloed op de grondwaterstand. Teveel bronnen van hetzelfde soort (warm of koud) clusteren, leidt tot te grote grondwaterstandsveranderingen (de effecten van de individuele bronnen versterken elkaar). Bronnen van het verschillende soort (warm of koud) dempen elkaars effect op de grondwaterstand uit. In bijlage 4 is ter indicatie een viertal varianten van bronconfiguraties weergegeven waarvoor de grondwaterstandsveranderingen acceptabel zijn (max 0,5 m). De effecten op de grondwaterstand worden voornamelijk bepaald door het debiet (m^3/uur), dat gerelateerd is aan het vermogen (kW) dat een bron kan leveren, en minder door de waterverplaatsing ($\text{m}^3/\text{seizoen}$) die gerelateerd is aan de energiehoeveelheden (MWh).

De bestaande WKO-systemen van de Rabobank, NS Stations en Jaarbeurs zijn allemaal maximaal gedimensioneerd. En hebben daardoor maximale invloed op de grondwaterstand. Uitgangspunt bij het plaatsen van nieuwe bronnen in het Beurskwartier is, dat deze kruislings geplaatst worden ten opzichte van de bestaande systemen. Hiermee worden te grote grondwaterstandsveranderingen voorkomen.

Overige aspecten

Grondwaterverontreinigingen

Het Beurskwartier bevindt zich binnen de zogenaamde dynamische zone (zie figuur 3) zoals deze door de gemeente Utrecht is benoemd ten behoeve van een gebiedsgerichte aanpak van het grondwater [ref. 4]. Het grondwater binnen deze zone is diffuus tot sterk verontreinigd. De gebiedsgerichte aanpak maakt onderscheid tussen verschillende ambitieniveaus (hoog, midden en laag). Deze ambitieniveaus kunnen vertaald worden naar beschermen, verbeteren en benutten. Voor het 1^e watervoerende pakket binnen de dynamische zone is het ambitieniveau voor benutten op 'hoog' gezet vanwege (bijvoorbeeld) het maximaliseren van WKO-gebruik.



Figuur 3: De 'dynamische zone' (rood omlijnd) t.b.v. een gebiedsgerichte aanpak [ref. 4]

Hemelwaterinfiltratie

In het Plan Gemeentelijke Watertaken [ref. 1] wordt uitvoerig gesproken over het infiltreren van hemelwater in het 1^e watervoerende pakket. Het Beurskwartier is aangegeven als een gebied waar met verticale drainage het hemelwater op grotere diepte wordt geïnfiltreerd (zie figuur 4).

Het grondwater in het 1^e watervoerende pakket is zuurstofloos (anoxisch) en ijzerrijk. Het hemelwater dat wordt geïnfiltreerd is zuurstofrijk (oxisch). Als een WKO-bron deze beide waterkwaliteiten aantrekt, treedt bronverstopping op (redoxverstopping).

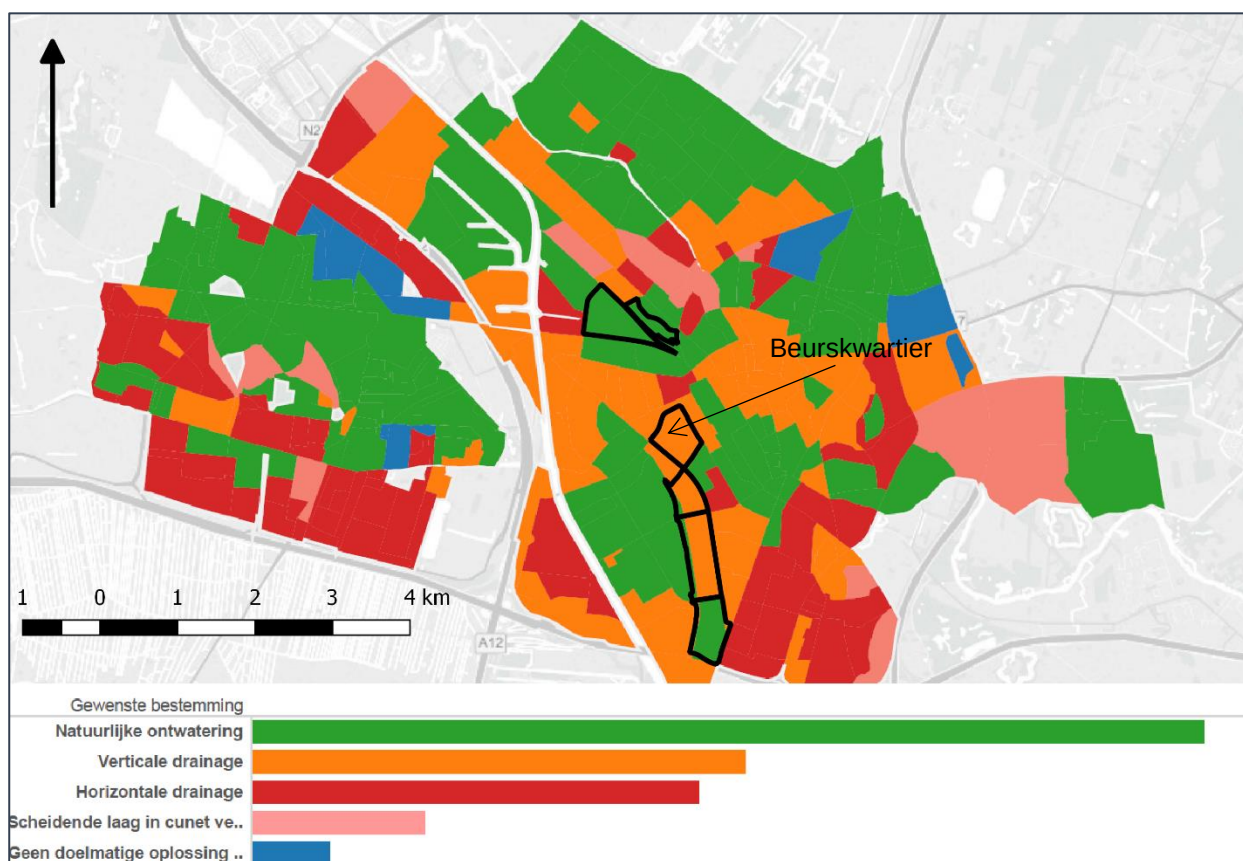
Momenteel wordt het 1^e watervoerende pakket bovenin beschermd door een deklaag (tot enkele meters beneden maaiveld), waardoor het zuurstofrijke hemelwater de diepere lagen van het 1^e watervoerende pakket moeilijk kan bereiken. Door het toepassen van verticale hemelwaterinfiltratie vervalt deze beschermende werking.

Er is nog weinig onderzoek gedaan naar de invloed van hemelwaterinfiltratie op WKO-systemen in hetzelfde pakket. Uit promotieonderzoek [ref. 2] blijkt dat bij glastuinbouwprojecten waar zoet/oxisch hemelwater wordt opgeslagen in brakke anoxische watervoerende lagen, het zuurstof uit het hemelwater snel (binnen enkele meters) wordt afgebroken. Het pakket in Utrecht bevat echter veel grover zand en grindlagen. Vooral in deze grindlagen kan de zuurstof uit het hemelwater zich in potentie over grotere afstanden verplaatsen.

Er moet per locatie een keuze gemaakt worden: óf hemelwaterinfiltratie óf WKO in het 1^e watervoevende pakket. Uit toekomstige studies moet blijken welke horizontale afstand een hemelwaterinfiltratie en een WKO van elkaar gescheiden moeten worden om negatieve effecten op de WKO te voorkomen.

Een WKO-systeem heeft ook invloed op de werking van de hemelwaterinfiltratie. De grondwaterstanden worden door de WKO beïnvloed (verhoogd bij infiltreren en verlaagd bij onttrekken). Een deel van het jaar neemt de infiltratiecapaciteit van de hemelwaterinfiltratie af en een deel van het jaar neemt deze toe.

Tenslotte wordt opgemerkt, dat de deklaag een dempende werking op het effect van de WKO op de grondwaterstand heeft. Het doorboren van deze deklaag voor hemelwaterinfiltratie neemt deze dempende werking weg.



Figuur 4: Gewenste bestemming hemelwater zoals opgenomen in het Plan gemeentelijke watertaken 2016-2019 [ref. 1]

Inpasbare doubletten in Beurskwartier

In tabel 2 zijn het aantal inpasbare doubletten in de toekomst weergegeven. In de eerste kolom is aangegeven hoeveel doubletten gerealiseerd hadden kunnen worden in het Beurskwartier, als er nog geen gebouwen of andere WKO's in of nabij het plangebied aanwezig zouden zijn geweest. In de tweede kolom is het aantal doubletten weergegeven op basis van de huidige situatie aan gebouwen en bestaande WKO's. *In het geval ook hemelwaterinfiltratie wordt toegepast neemt het aantal doubletten verder af.*

Tabel 2: Potentie Beurskwartier 1^e watervoerende pakket (wat heeft de bodem te bieden)

	Maagdelijk terrein*	Rekening houden met be- staande WKO's en bebouwing
Aantal doubletten****	15**	6***
Totaal vermogen [kW]	5.200	3.900
Totaal debiet [m ³ /uur]	1.200	480
Totaal energie [MWh]	15.000	6.000
Totale waterverplaatsing [m ³ /seizoen]	2.400.000	960.000

* in de situatie zonder Jaarbeurs, Rabobank en NS Stations

** het gebied is 29,3 ha groot. Per doublet is circa 2 ha nodig. Dit resulteert in 15 doubletten.

*** het inpassen van dit aantal doubletten is mogelijk indien deze conform de ordeningsregels worden geplaatst. Zie de zoekgebieden in de plankaart in hoofdstuk 2. Eén doublet in het gebied nabij het Croesepark en vijf in het zoekgebied langs de Graad van Roggeweg. De getallen voor vermogen, debiet, energie en waterverplaatsing zijn de potentie van één doublet vermenigvuldigd met respectievelijk 15 en 6.

**** dit betreffen maximale doubletten (zie bijlage 3 tabel 1). Opgemerkt wordt dat de bronnen van Jaarbeurs veel minder energie verpompen per jaar. De warme en koude bronnen van de Jaarbeurs kunnen daardoor dichter bij elkaar staan.

Het niet volledig benutten van de vergunningen van de Rabobank en de Jaarbeurs heeft geen significante gevolgen voor het aantal doubletten dat nog geplaatst kan worden. Het volledig herschikken van de bronnen van de Jaarbeurs levert naar verwachting ruimte voor maximaal 2 doubletten extra op (8 in plaats van 6).

Potentie bodemwarmtewisselaars 1^e watervoerende pakket

Bij toepassing van bodemwarmtewisselaars in het plangebied (in het 1^e watervoerende pakket) zou de maximale lengte circa 40 m bedragen. De potentie van één bodemwarmtewisselaar is weergegeven in tabel 3.

Tabel 3: Potentie bodemwarmtewisselaar

	eenheid	Aantal
Vermogen	kW	1,2
Energie verwarmen	MWh/seizoen	2,4

Bodemwarmtewisselaars worden in een grid geplaatst, bijvoorbeeld om de 5 meter. Om significante hoeveelheden energie uit de bodem te halen is een veld van bodemwarmtewisselaars nodig. Afhankelijk van het energieconcept (energiebalans of niet, zie kader op volgende pagina) beïnvloeden bodemwarmtewisselaars elkaar thermisch. Hierdoor wordt de potentie uit tabel 3 niet gehaald.

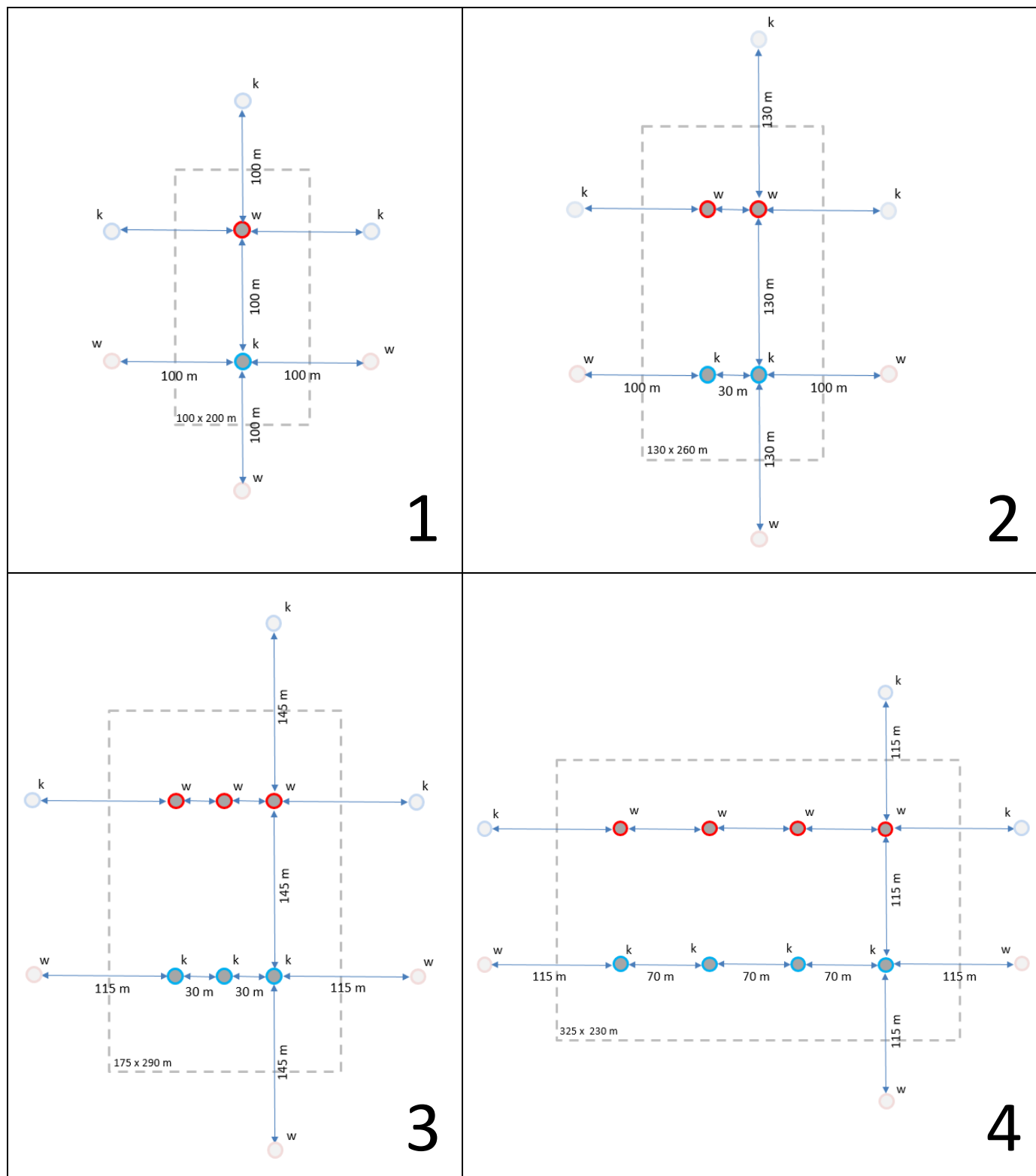
Door de beperkte lengte van de bodemwarmtewisselaars, de onderlinge beïnvloeding en de suboptimale inpassing in verband met de bovengrondse infrastructuur, is de potentie van de bodemwarmtewisselaars ~3 x zo klein als bij het gebruik van WKO-systemen in het 1^e watervoerende pakket.

Onbalans vs. balans bij bodemwarmtewisselaars.

Als de bodemwarmtewisselaars in onbalans worden toegepast (dat wil zeggen: er wordt meer warmte uit de bodem onttrokken dan koude, bv bij woningen), dan is de invloed naar de omgeving op termijn significant. De bodem wordt per saldo afgekoeld. Door geleiding wordt, afhankelijk van de omvang en de onbalans van het systeem, een groter stuk ondergrond geclaimd dan de directe nabijheid van de bodemwarmtewisselaars. De invloed van een bodemwarmtewisselaar ten gevolge van geleiding reikt in dat geval tot vele tientallen meters (~50 m) van de bodemwarmtewisselaar. De grondwaterstroming versterkt dit effect benedenstrooms (~factor 2) en vermindert dit effect bovenstrooms (~factor $\frac{1}{2}$).

Als bodemwarmtewisselaars in balans zijn (langjarig wordt evenveel warmte als koude onttrokken), beperkt het effect van de bodemwarmtewisselaar zich tot enkele meters (~5 m) van de bodemwarmtewisselaar.

Bijlage 4: Vier varianten bronconfiguraties 1^e watervoerende pakket



Bijlage 5: Inschatting energie- en vermogensvraag

In tabel 1 is een inschatting gemaakt van de warmte- en koudevraag op basis van de verwachte ontwikkelingen in het Beurskwartier. Deze inschatting is gebaseerd op de Omgevingsvisie Beurskwartier en Lombokplein [ref. 6], en de beschikbare informatie over Healthy Urban Quarter en de Galaxy Tower (o.a. Amrâth Hotel). Ten behoeve van de inschatting is onderscheid gemaakt tussen de functies wonen, utiliteit en overig.

Voor deze functies zijn voor warmte en koude op basis van kentallen per m² zowel het benodigde vermogen (MW) als de benodigde hoeveelheid energie (MWh/jaar) ingeschat. Op basis van de beschikbare energiehoeveelheden van HUQ en Galaxy Tower (geëxtrapoleerd over de rest van het gebied) en de reële praktijkwaarden die Buro Bron dagdagelijks gebruikt, zijn onderstaande waarden tot stand gekomen.

Tabel 1: Inschatting warmte- en koudevraag

	Eenheid	Warmte-en koudevraag
Wonen		
Aantal	#	4.250
Vloeroppervlak	m ²	307.500
Warmtevraag	MWh/jaar	13.000
Warmtevermogen	MW	17
Koudevraag	MWh/jaar	3.500*
Koudevermogen	MW	6*
Utiliteit (kantoren)		
Vloeroppervlak	m ²	60.000
Warmtevraag	MWh/jaar	2.500
Warmtevermogen	MW	2
Koudevraag	MWh/jaar	2.500
Koudevermogen	MW	3
Overig (horeca, winkels, hotels, etc.)		
Vloeroppervlak	m ²	31.000
Warmtevraag	MWh/jaar	1.300
Warmtevermogen	MW	1
Koudevraag	MWh/jaar	1.300
Koudevermogen	MW	1,5
Totaal		
Vloeroppervlak	m ²	398.500
Warmtevraag	MWh/jaar	16.800
Warmtevermogen	MW	20
Koudevraag	MWh/jaar	7.300
Koudevermogen	MW	10,5

* Aangenomen is dat alle woningen worden gekoeld

Er wordt benadrukt, dat de gepresenteerde getallen in tabel 1 de vraag van de gebouwen betreft. Afhankelijk van het gekozen energieconcept; monovalent of bivalent (zie bijlage 2) wordt een deel

van deze vraag geleverd door het bodemenergiesysteem. In tabel 2 zijn de totalen uit tabel 1 overgenomen en is per energieconcept aangegeven welk aandeel van de warmte- en koudevraag wordt geleverd vanuit de bodem

Tabel 2: Warmte- en koudevraag (benodigde bijdrage vanuit de bodem)

	<i>Eenheid</i>	<i>Warmte- koudevraag*</i>	<i>en</i>	<i>Benodigde bijdrage vanuit de bodem</i>	
				<i>Monovalent</i>	<i>Bivalent</i>
Warmtevraag	MWh/jaar	16.800		12.500	10.000
Warmtevermogen	MW	20		15	5
Koudevraag	MWh/jaar	7.300		7.300	7.300
Koudevermogen	MW	10,5		10,5	10,5

* totalen die zijn overgenomen uit tabel 1

Uitgangspunten bij het inschatten van de bijdrage vanuit de bodem zijn:

- De COP van de warmtepomp is 4. Met 1 deel elektra kan de warmtepomp dan 4 delen warmte maken. Van de 4 delen warmte die door de warmtepomp aan de gebouwen geleverd worden, worden 3 delen door het bodemenergiesysteem geleverd en 1 deel door het elektriciteitsnet (voeding warmtepomp).
- Er wordt in beide energieconcepten direct gekoeld met grondwater (zonder tussenkomst van een warmtepomp). 100% van de koude (energie en vermogen) wordt vanuit het grondwatersysteem geleverd.
- In de bivalente situatie wordt 1/3 van het verwarmingsvermogen door de warmtepomp geleverd en 2/3 door een andere energiebron. 100% van de koude (energie en vermogen) wordt in deze situatie door het bodemenergiesysteem geleverd.
- In de bivalente situatie wordt 80% van de warmte (energie) geleverd door de warmtepomp en 20% door een andere energiebron.

woningen	aantal	oppervlak [m ²]	
omgevingsvisie	3.250	223.500	
HUQ	678	55.000	
Galaxytower	322	29.000	
<i>totaal</i>	<i>4.250</i>	<i>307.500</i>	
Gemiddelde oppervlakte per woning:			72 m ²
verwarmen (ruimteverwarming + tapwater)			
	<i>uitgangspunt</i>		<i>totaal</i>
vermogen	4 kw per woning		17.000 kW
energie	0,15 GJ/m ²		13.000 MWh
koelen			
	<i>uitgangspunt</i>		<i>totaal</i>
vermogen	20 W/m ²		6.000 kW
energie	0,04 GJ/m ²		3.400 MWh
opgemerkt wordt dat de vraag is of alle woningen gekoeld gaan worden.			
opgemerkt wordt dat in sommige concepten het warmtevermogen lager wordt ingeschat			
opgemerkt wordt dat in sommige concepten de koudevraag hoger wordt ingeschat			
utiliteit	oppervlak [m ²]		
omgevingsvisie	50.000		
HUQ	10.000		
<i>totaal</i>	<i>60.000</i>		
verwarmen			
	<i>uitgangspunt</i>		<i>totaal</i>
vermogen	30 W/m ²		2.000 kW
energie	0,15 GJ/m ²		2.500 MWh
koelen			
	<i>uitgangspunt</i>		<i>totaal</i>
vermogen	50 W/m ²		3.000 kW
energie	0,15 GJ/m ²		2.500 MWh
Overig	oppervlak [m ²]		
omgevingsvisie	10.000		
HUQ	10.000		
Galaxytower	18.000		
<i>totaal</i>	<i>38.000</i>		
verwarmen			
	<i>uitgangspunt</i>		<i>totaal</i>
vermogen	30 W/m ²		1.000 kW
energie	0,15 GJ/m ²		1.600 MWh
koelen			
	<i>uitgangspunt</i>		<i>totaal</i>
vermogen	50 W/m ²		2.000 kW
energie	0,15 GJ/m ²		1.600 MWh

Figuur 1 Uitgangspunten berekeningen

Bijlage 6: Analyse vraag versus aanbod

Benodigd aantal doubletten

In bijlage 5 is de energievraag van het bouwprogramma van Beurskwartier beschreven en vertaald naar de benodigde bijdrage vanuit de bodem (zie tabel 2 van bijlage 5). In tabel 1 van bijlage 3 is aangegeven wat de capaciteit is van één doublet bronnen. Door de benodigde bijdrage vanuit de bodem te vergelijken met de bijdrage per doublet is het aantal benodigde doubletten bepaald.

- Bij een monovalent energieconcept zijn 23 doubletten nodig.
 - o Maatgevend blijkt hier het benodigde verwarmingsvermogen van 15 MW.
 - o Eén doublet kan 650 kW (0,65 MW) aan vermogen leveren → $15/0,65 = 23$
- Bij een bivalent energieconcept zijn 14 doubletten nodig.
 - o Maatgevend blijkt hier het koelvermogen van 10,5 MW → $10,5/0,65 = 16$

Inpasbare versus benodigde doubletten

In tabel 1 is het aantal inpasbare doubletten vergeleken met het aantal benodigde doubletten. Hieruit blijkt dat het 1^e watervoerende pakket een beperkt deel van de benodigde warmte en koudevraag kan invullen. Voor beide energieconcepten is te weinig ruimte voor de benodigde aantal bronnen. Bovendien wordt opgemerkt dat de inpasbare doubletten grotendeels op relatief grote afstand van de ontwikkelingen liggen.

Tabel 1: Inpasbare doubletten versus benodigd aantal doubletten

Aantal doubletten	
1^e watervoerende pakket	
Inpasbaar	6*
Benodigd bij monovalent energieconcept	23
Benodigd bij bivalent energieconcept	16
Verskil	7-17 doubletten te weinig beschikbaar (afhankelijk van energieconcept)

* in het geval geen hemelwaterinfiltratie wordt toegepast, zie tabel 2 in bijlage 3

Bijlage 7: Diepere watervoerende lagen

Diepere watervoerende lagen

In het Gebiedsplan Gebiedsgericht Grondwaterbeheer [ref. 4] staat beschreven dat de eerste scheidende laag, gelegen tussen het 1^e en het 2^e watervoerende pakket in principe niet mag worden doorboord. Hierdoor worden een aantal watervoerende lagen onder deze 1^e scheidende juridisch uitgesloten voor bodemenergie. Voor de volledigheid van het beeld, is in onderstaande paragrafen de potentie van de watervoerende lagen onder de 1^e scheidende laag weergegeven.

De potentie voor bodemwarmtewisselaars in de diepere lagen is niet beschreven, aangezien het risico op verspreiden van de verontreinigingen uit het 1^e watervoerende pakket naar het 2^e watervoerende pakket met deze techniek groot is (groot aantal perforaties). Bij sommige andere beschreven technieken (WKO, geothermie en hoge temperatuuropslag) is dit risico door maatregelen beheersbaar (o.a. aanbrengen van casings).

WKO in 2^e watervoerende pakket

De potentie per doublet in het 2^e watervoerende pakket is meer dan 2 x zo groot als de potentie in het 1^e watervoerende pakket. Dit wordt veroorzaakt door het volgende:

- Er kan per bron significant meer bronfilter geplaatst worden. Hierdoor zijn de warme en koude bellen dikker en kan per hectare meer energie worden opgeslagen.
- Het 2^e watervoerende pakket is dieper gelegen en wordt aan de bovenkant begrensd door een dikke, slecht doorlatende kleilaag. De effecten op de grondwaterstand zijn hierdoor nihil. Bronnen van hetzelfde soort (warm of koud) kunnen dichter en met meer bij elkaar geplaatst worden.
- Het debiet (m³/uur) en daarmee het te leveren vermogen (kW) per bron is circa 2 keer zo groot.
- Het aantal doubletten neemt niet af in het geval hemelwaterinfiltratie wordt toegepast in het 1^e watervoerende pakket.

In tabel 1 is de potentie van het aantal inpasbare doubletten in het 2^e watervoerende pakket weergegeven. De potentie is circa 4 x zo groot als de potentie van het 1^e watervoerende pakket.

Tabel 1: potentie inpasbare doubletten 2^e watervoerende pakket

	Maagdelijk terrein	Rekening houden met bestaande WKO's en bebouwing
Aantal doubletten	15	12
Totaal vermogen [kW]	19.000	15.500
Totaal debiet [m ³ /uur]	2.400	1.900
Totaal energie [MWh]	30.000	24.000
Totale waterverplaatsing [m ³ /seizoen]	4.800.000	3.800.000

Geothermie

De Rijksdienst voor Ondernemend Nederland maakt voor wat betreft geothermie (warmte uit de aarde) onderscheid tussen drie verschillende dieptes¹: ondiep, middeldiep en zeer diep.

Geothermie (bron: RVO)

Ondiepe geothermie (500 tot 1.500 m)

Ondiepe geothermie biedt kansen voor lage-temperatuurverwarming van woningen en kassen (ca. 40°C). Door de geringere diepte blijven de kosten lager.

Middeldiepe Geothermie (middeldiepte 1.500 tot 4.000 m)

Aardwarmte van dieptes tussen 1500-4000 m wordt op dit moment in Nederland het meest toegepast. Tot nu toe vooral voor het verwarmen van kassen. Ook de verwarming van woningen is mogelijk. De temperatuur is, afhankelijk van de lokale situatie, 70 tot 90°C.

Zeer diepe geothermie (dieper dan 4.000 m)

Zeer diepe geothermie komt van dieper dan 4.000 m en levert warmte van meer dan 120°C, zodat ook stoomproductie mogelijk is. Hiermee kunnen industriële processen (zoals papierproductie en chemie) voorzien worden. Er zijn in Nederland nog geen toepassingen van deze techniek. Wel wordt er actief onderzoek naar gedaan.

Op basis van de beschikbare informatie [ref. 7] lijkt de bodem van Utrecht geschikt om ondiep (tussen 300 en 750 m-mv) aardwarmte te winnen. De potentie is onzeker, omdat weinig lokale informatie over de bodemeigenschappen beschikbaar is. Dit geldt ook voor de potentie van de diepere ondergrond en voor mogelijke risico's.

Geothermie kan een belangrijke bouwsteen worden van een duurzame energievoorziening in de toekomst. Meerdere partijen in Nederland zetten zich momenteel in om het potentieel en de risico's verder te onderzoeken. Er is eerst veel geologisch onderzoek nodig, zoals seismisch onderzoek en proefboringen. In de regio Utrecht zijn twee initiatieven gestart om te onderzoeken of geothermie haalbaar en veilig is: een onderzoek naar mogelijkheden tot 3 km en een onderzoek naar mogelijkheden tussen 5 en 7 km. Dit laatste project is onderdeel van het pilot project UDG (Ultra Diepe Geothermie) van het ministerie van Economische Zaken, waarbij onlangs een Green Deal is afgesloten.

Voor het toepassen van geothermie in het Beurskwartier worden vooral mogelijkheden gezien in de toekomstige verduurzaming van het stadswarmtenet.

Hoge temperatuuropslag (HTO) en het Bodemenergieplan

¹<http://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/duurzame-energie-opwekken/bodemenergie/aardwarmte/aardwarmte>

De grote uitdaging in het benutten van duurzame bronnen is het (seizoensmatig) opslaan van warmte, bijvoorbeeld in de bodem. Bij het opslaan van hoge temperaturen ($> 40\text{ }^{\circ}\text{C}$) spelen de eigenschappen van de bodem, de diepte en de mate van isolatie (hoe wordt de warmte bij elkaar gehouden) om te komen tot een acceptabel energetisch rendement en minimale onttrekkingstemperaturen een belangrijke rol. In Nederland is in het verleden enige ervaring opgedaan met HTO, maar deze projecten hebben niet tot een langjarig succes geleid. Er is dan ook dringend behoefte aan een nieuw prototype.

Voor het toepassen van HTO in het Beurskwartier zijn de mogelijkheden nog onbekend. Wellicht zijn er mogelijkheden in buitengebieden ten behoeve van het seizoensmatig opslaan van duurzame warmte.