

# Seizoenopslag duurzame warmte

Seizoensopslag van warmte uit zonnecollectoren en datacenters

WSNW190005

## Colofon

WarmteStad

Postbus 24

9700 AA GRONINGEN

Bezoekadres: Griffeweg 99, Groningen

Telefoon (06 20441329)

E-mail [info@warmtestad.nl](mailto:info@warmtestad.nl)

Afdeling Business Development

Opdrachtgever T.Venema

Status Definitief

Datum **Datum: 27 oktober 2021**

Versie 1.1

## Inhoudsopgave

Samenvatting .....	2
1. Onderzoeks omschrijving.....	3
1.1. Situatieschets en probleemstelling.....	3
1.2. Verwachte projectresultaten .....	3
2. Energetische analyse .....	4
2.1. Warmte vraag .....	4
2.2. Warmte aanbod.....	6
2.2.1. Restwarmte .....	7
2.2.2. Zonthermie.....	8
2.3. Combinatie Vraag en Aanbod .....	9
3. Opslag van warmte.....	10
3.1. Seizoensopslag van warmte .....	11
3.2. Uitwerking ATES.....	11
3.2.1. Vergunning verlening .....	13
3.2.2. Locatie keuze wko .....	14
3.2.3. Diepte bronnen .....	15
3.2.4. Thermisch gedrag.....	17
3.2.5. Rendement .....	19
3.2.6. Systeemontwerp .....	20
4. Kosten/baten .....	21
4.1. Exploitatiekosten .....	21
4.2. Investeringskosten .....	22
4.3. Subsidies.....	23
5. Conclusies en aanbevelingen.....	24

## Samenvatting

WarmteStad heeft de haalbaarheid van een seizoensopslag van warmte onderzocht. Vanwege het grote volume en lage temperaturen is seizoensopslag in de vorm van een dubbel WKO systeem gekozen. Een deel heeft een temperatuur tot 25°C, een ander deel tot 45°C.

Door de 45°C opslag te kiezen in een dieper gelegen watervoerende laag is er geen invloed te verwachten op omliggende WKO bronnen die zich in een minder diepe watervoerende laag bevinden. Dat gegeven is een belangrijke randvoorwaarde voor de vergunbaarheid.

De seizoensopslag maakt combinatie van duurzame bronnen economisch haalbaar. Zo kan tot 20% meer duurzame warmte worden benut. De ontwikkeling van de seizoensopslag ontsluit ook aanvullende subsidies voor zowel investeringen, exploitatie als onderzoek.

Door vroegtijdig met de vergunning verlener (Provincie Groningen) in overleg te gaan, daarbij ondersteund door een ter zake kundig adviseur, is tijdig een vergunning verkregen.

De doorlooptijd van initiatief t/m vergunning nam ca. 20 maanden in beslag.

De realisatie en werking van het systeem wordt als onderdeel van een bredere studie in de komende jaren onderzocht.

## 1. Onderzoeks omschrijving

### 1.1. Situatieschets en probleemstelling

WarmteStad heeft duurzame warmte nodig voor haar warmtenet NoordWest. De beoogde duurzame warmtebronnen produceren ook in de zomer warmte, een lange periode waarin er geen of onvoldoende warmtevraag is om alle duurzame warmte te gebruiken. Daardoor wordt er minder duurzame warmte benut en is combinatie van de duurzame bronnen vanuit economisch opzicht niet haalbaar.

In opdracht van de gemeente Groningen, 50% aandeelhouder van WarmteStad, heeft adviesburo Blue Terra hiervoor reeds in 2018 onderzoek uitgevoerd. Uit de daaruit volgende businesscase heeft WarmteStad geconcludeerd dat de inpassing van zonthermische warmte in haar systeem economisch gezien alleen verantwoord is wanneer alle zonthermische warmte en de daardoor verdrongen benutting van restwarmte, via een seizoensopslag kan worden benut en daarvoor aanvullende subsidies kunnen worden verworven.

Daarom is onderzocht of de warmte ook ondergronds kan worden opgeslagen in een aquifer, een techniek die bekend is vanuit WKO. Een belangrijk verschil met WKO is dat de temperatuur van de warmte hoger is dan tot nog toe wordt toegelaten. Daarom is onderzoek nodig op energetisch, technisch en juridisch vlak.

Voor het onderzoek naar de haalbaarheid van de benodigde seizoensopslag heeft WarmteStad subsidie aangevraagd bij Interreg. De haalbaarheidsstudie moet uitwijzen of het technisch, energetisch, juridisch en economisch mogelijk is om een seizoensopslag te realiseren.

### 1.2. Verwachte projectresultaten

Inhoudelijk zal het haalbaarheidsonderzoek bestaan uit de volgende stappen:

- 1) Geologische haalbaarheid, locatiekeuze en juridische toets
- 2) Geohydrologisch voorontwerp
- 3) Effectenstudie van MTO
- 4) Procedure Waterwet

De uitkomsten van het bodemgedeelte leveren de gegevens waarmee WarmteStad vervolgens een technisch installatieontwerp en economisch model kan opzetten. Zo kan WarmteStad de beoordelen of het haalbaar is om een opslag systeem te realiseren waarmee zowel de verplichte afname kan worden gegarandeerd als kan worden voorkomen dat surplus zonnewarmte en restwarmte uit de datacenters onbenut blijft.

## 2. Energetische analyse

### 2.1. Warmte vraag

De warmtevraag is qua volume en profiel maatgevend voor de benutting van de warmtebronnen. Het vraagvolume en -profiel vloeit voort uit het warmtenet. Dit warmtenet is in ontwikkeling waardoor de warmtevraag op jaarbasis in de komende 5 jaren zal verdubbelen. Daarnaast heeft het vraagprofiel van een warmtenet een sterk seizoensgebonden karakter.

De juiste dimensionering van de bronnen en de seizoensopslag begint met inzicht in de volumeontwikkeling en het seizoensinvloed van het warmtenet.

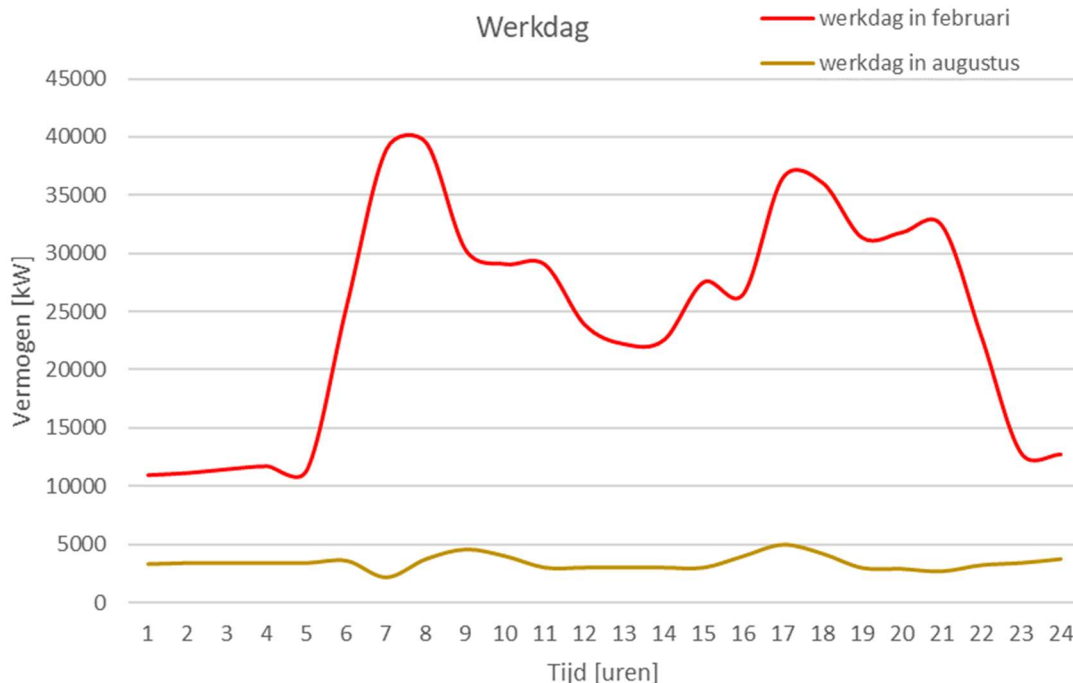
De warmteprofielen zijn opgesteld op basis van verbruiken per uur per gebouwtype. Daarbij wordt gebruik gemaakt van een standaard klimaatjaar NEN5060 en ISSO7 en ISSO 55 om de gelijktijdigheid van de verschillende vragers mee te berekenen.

De warmtevraag in de warmtenet wijken uit onderstaande foto bestaat, voor ca. 70% uit woningen, 20% onderwijsgebouwen en 10% kantoren.

Dat maakt dat het vraagprofiel van woningen dominant is in het uiteindelijke vraagprofiel.

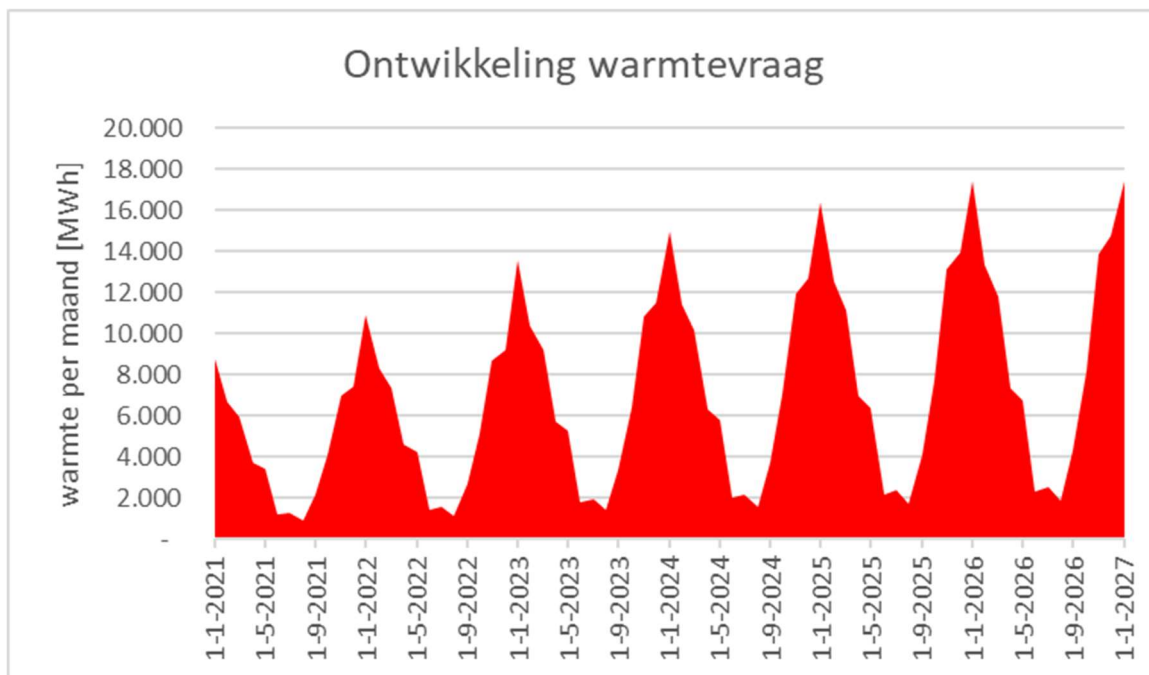


In onderstaande grafiek is goed te zien hoe groot het verschil in warmtevraag vanuit het warmtenet is tussen de zomer en de winterperiode. De bronnen voor warmteproductie moeten deze grote verschillen dus kunnen invullen.



Op grond van het portfolio aan gebouwen dat in de komende jaren wordt aangesloten op het warmtenet zijn de vraagreeksen opgesteld die over de komende jaren per uur het gevraagde vermogen beschrijven.

De reeksen zoals opgenomen in onderstaande grafiek zijn leidend voor de dimensionering en inpassing van de warmtebronnen.

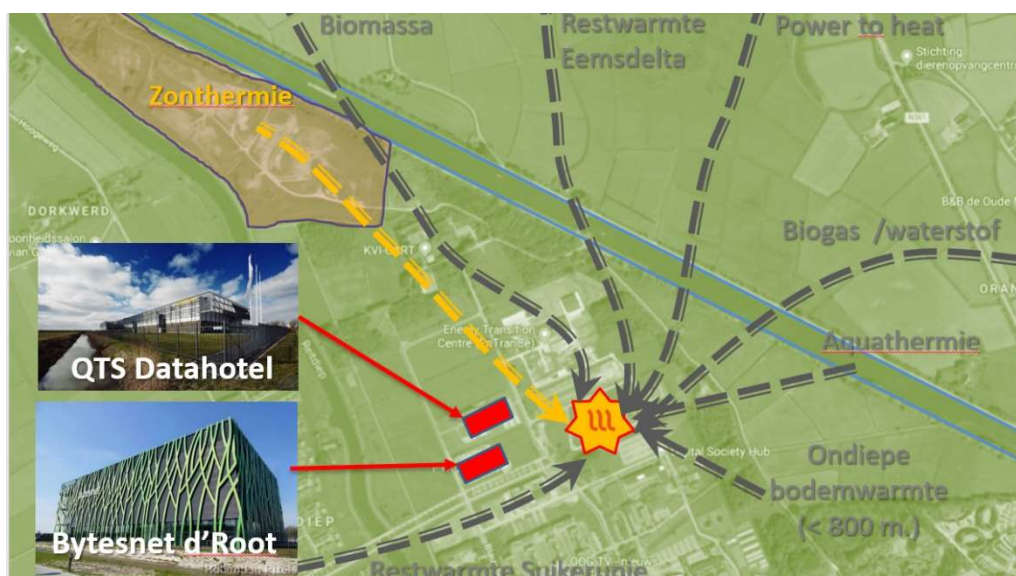


## 2.2. Warmte aanbod

WarmteStad ontwikkelt de warmteproductie vanuit een multibron strategie. Daarbij leveren verschillende bronnen samen de variabele vraag.

Combinatie van meerdere kleinere bronnen maakt de warmtelevering robuust en het productieportfolio minder kwetsbaar in leveringszekerheid en kosten door afhankelijkheid van 1 grote bron.

In de multibronstrategie heeft een fossiel aandeel ook nog een plaats. Het invullen van de pieken in warmtevraag wordt vanuit kosten oogpunt ingevuld met gasketels. Wellicht kan dat aardgas in de toekomst door groengas of waterstof worden vervangen.



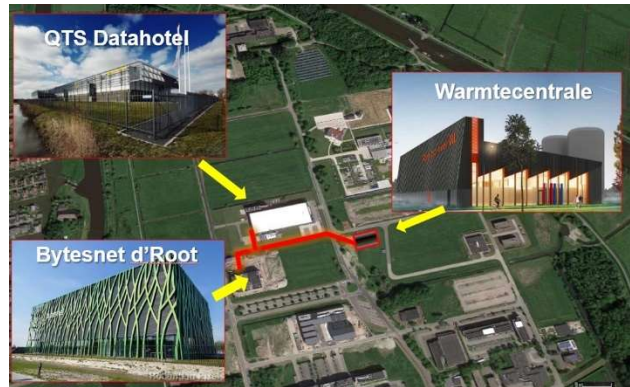
Op dit moment vormen restwarmte uit 2 datacenters en zonthermie de twee beoogde duurzame warmtebronnen. Daarnaast zijn verschillende andere duurzame bronnen in beeld die in de komende jaren wellicht kunnen worden toegevoegd aan het productieportfolio.

### 2.2.1. Restwarmte

WarmteStad neemt restwarmte af van 2 datacenters. Deze datacenters liggen bij toeval pal tegenover de boogde locatie van de warmtecentrale en waardoor er slechts een kort trace nodig is om de restwarmte uit te koppelen.

Deze restwarmte heeft in 2021 een temperatuur van 23°C bij ca. 4 MW welke in de komende jaren zowel qua vermogen als temperatuur zal oplopen tot 40°C en 8 MW.

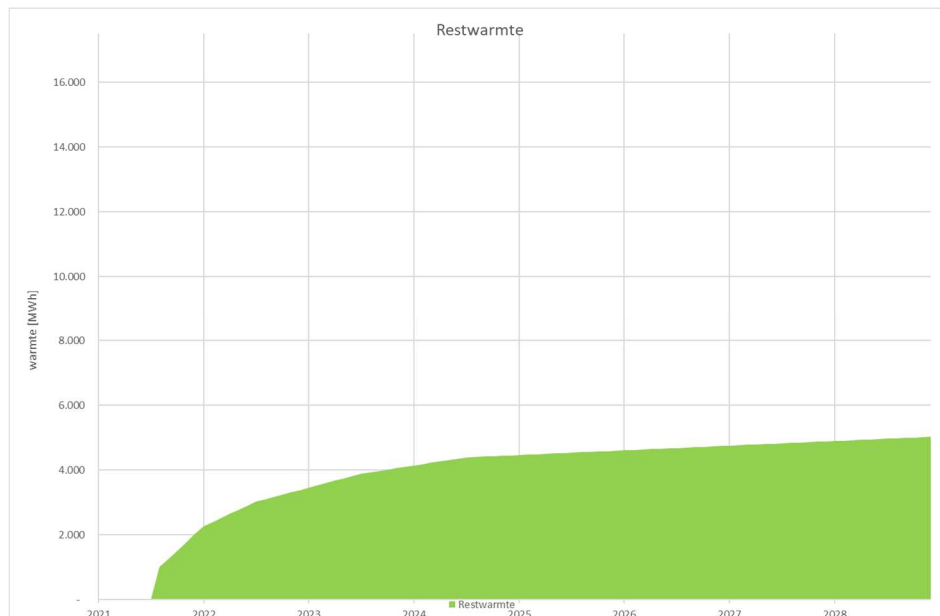
Dat komt doordat het aantal servers in de datacenters de komende jaren verder wordt uitgebreid en door de vervanging van lucht door vloeistof als drager van de af te voeren warmte.



Servers worden geheel onder gedompeld in een oliebad. Daardoor wordt processorwarmte veel beter afgevoerd dan met koude lucht waarbij de temperatuur kan oplopen tot meer dan 50°C.

De restwarmte wordt 24/7-365 geproduceerd en zal op termijn ca. 50% tot 70% van alle benodigde warmte kunnen leveren.

In de zomermaanden zal het vermogen van de beschikbare restwarmte aanzienlijk groter zijn dan de vraag vanuit het warmtenet. In de winter vraagt het warmtenet juist meer vermogen.





### 2.2.2. Zonthermie

Solarfields, ontwikkelaar van zonne-energie projecten, heeft samen met K3delta de “Dorkwerd Zonthermie BV” (DZ) opgericht voor de realisatie en exploitatie van een zonthermisch systeem op Dorkwerd. Het terrein Dorkwerd ligt op ca. 1 km vanaf de warmtecentrale van de WarmteStad centrale.

De zonthermische warmte wil zij leveren aan WarmteStad en wordt logischerwijs vooral in de zomerperiode geleverd.

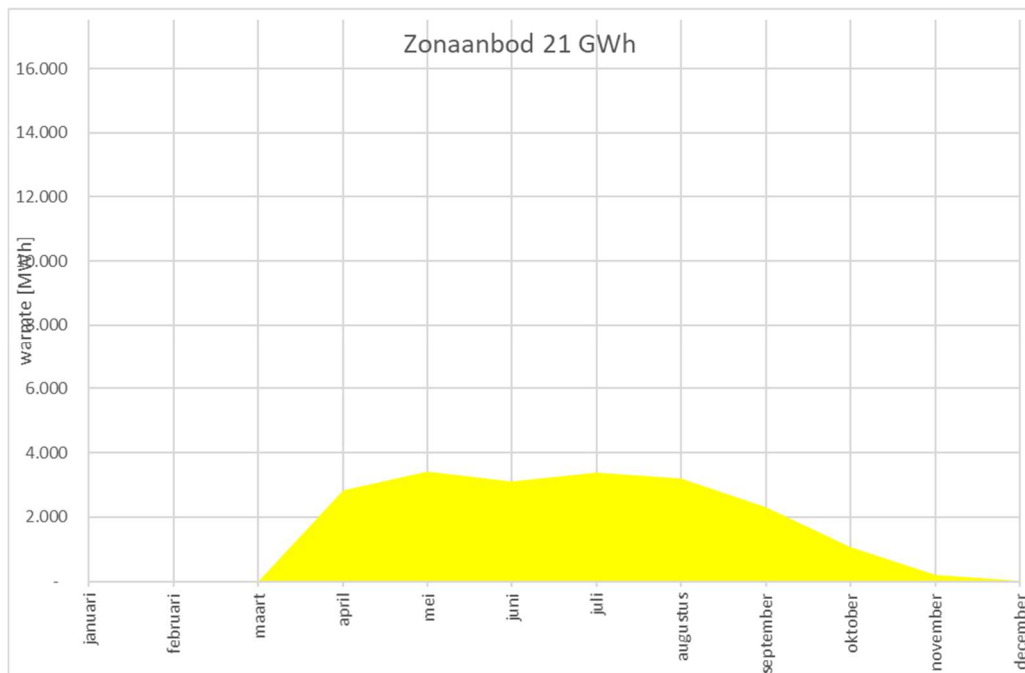
De zonthermie is vooralsnog alleen haalbaar wanneer nagenoeg alle geproduceerde warmte ook nuttig wordt gebruikt. Voor warmte die niet gebruikt kan worden, wordt ook geen (SDE++) subsidie verstrekt.

Aangezien de businesscase voor zonnepwarmte sterk afhankelijk is van de subsidie is maximaal nuttig gebruik van de te produceren zonnepwarmte een vereiste.



Zonnepwarmte wordt daarom preferent ingezet in de bronnen strategie van WarmteStad.

Ook bij restwarmte speelt de benutting van beschikbare warmte in verband met te verkrijgen exploitatie subsidie maar minder dan bij zonthermie omdat het om een lager subsidiebedrag gaat en de warmte zelf om niet ter beschikking wordt gesteld..

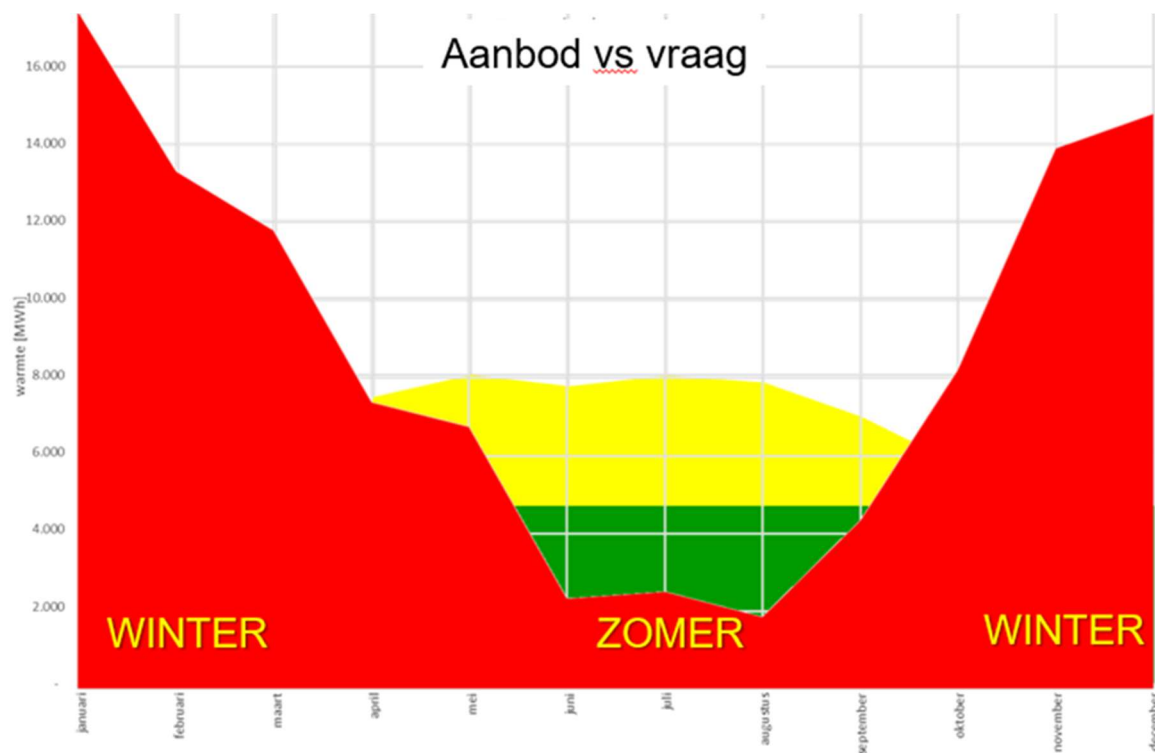


### 2.3. Combinatie Vraag en Aanbod

Uit het vergelijk tussen de uur reeksen van vermogensvraag en die van het aanbod volgen de overschotten dan wel tekorten aan vermogen. In onderstaande afbeelding is goed te zien hoe het aanbod van zowel restwarmte als zonthermie de warmtevraag in de zomerperiode veel groter is dan de warmtevraag in het warmtenet.

Op jaarbasis bedraagt het overschot in de zomermaanden ca. 15 GWh. Dat is ongeveer 20% van de totale hoeveelheid aangeboden duurzame warmte. In de wintermaanden is er juist een tekort aan duurzame warmte omdat de vraag dan veel hoger is.

Zonder opslag bedraagt het fossiele aandeel dat het tekort in de wintermaanden opvangt ca. 50% van de totale warmtevraag. Met seizoensopslag daalt het fossiele warmteaandeel tot ca. 35%.



Door de groeiende warmtevraag door uitbreiding van het warmtenet, lijkt zonthermie, na 2027 ook zonder opslag, volledig te kunnen worden benut. Die volledige benutting betekent evenwel dat zonthermie daarbij restwarmte in de zomermaanden volledig verdringt. De bronnen beconcurreren elkaar dus waarbij dankzij de seizoensopslag alle restwarmte kan worden benut.

### 3. Opslag van warmte

Er zijn verschillende redenen om warmte op te slaan. Meestal heeft dit te maken met verschillen in aanbod en vraag. Belangrijke parameters voor het bepalen van de warmteopslag zijn

- De tijd
- Temperatuur
- Volume
- Vermogen

De tijdsperiode waarin warmte moet worden opgeslagen kan variëren van enkele uren, tot dagen of in het geval van WarmteStad, zelfs maanden.

Zo komen naast de warmtecentrale van WarmteStad 2 buffertanks die op uur en dag niveau de productie en vraagpieken afvlakken. Deze tanks hebben samen een inhoud van 1500m<sup>3</sup> In onderstaande foto waarop de warmtecentrale in aanbouw is staan links onder de twee buffer tanks achter elkaar.



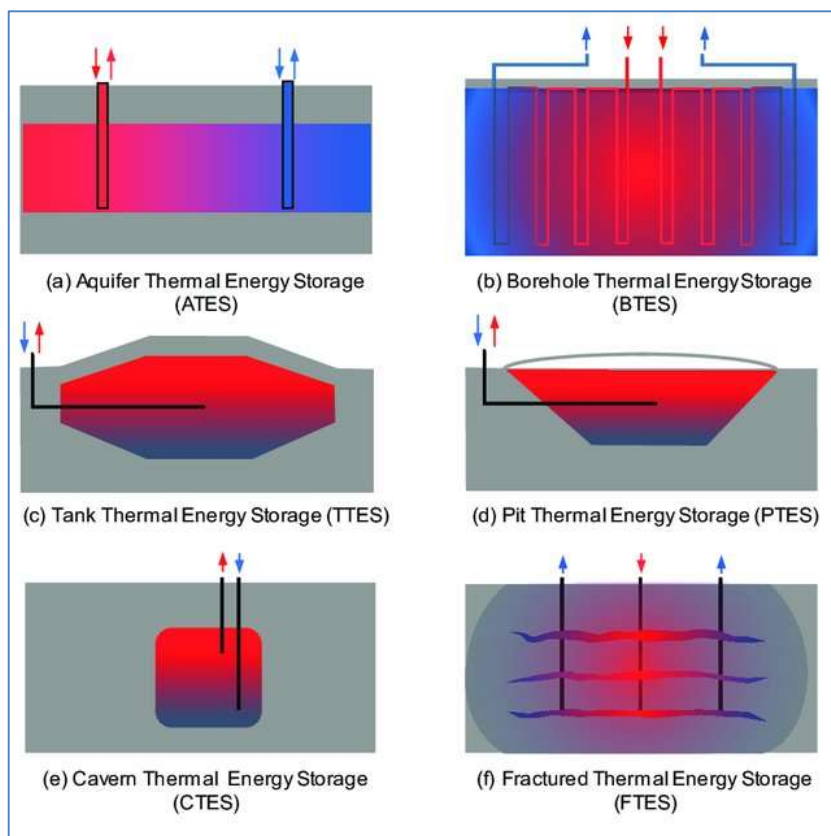
Rekening houdende met de lage temperaturen van de restwarmte zijn er ongeveer 1000 (!) van deze grote buffertanks nodig om een volume van 15 GWh op te slaan. Dat is qua kosten en ruimtebeslag geen reële mogelijkheid. Daarom heeft adviesbureau BlueTerra in 2018 voorgesteld om overschotten van warmte op te slaan in een WKO.

### 3.1. Seizoensopslag van warmte

Voor seizoensopslag van warmte in water, moeten er grote volumes warmte kunnen worden opgeslagen. Een klein volume heeft een relatief groot oppervlak waardoor de warmteverliezen, die zich vooral langs het oppervlak voordoen, bij een te klein volume groter zijn dan economisch verantwoord.

Ook het temperatuurschil met de omgeving van de opslag speelt daarbij een belangrijke rol. Bij toenemend temperatuur verschil neemt het warmteverlies ook exponentieel toe.

De uitgangssituatie van WarmteStad zijn relatief gunstig: een groot volume en betrekkelijk lage temperaturen. Voor seizoensopslag in water bestaan verschillende technische systemen met elk hun eigen voor en -nadelen.



De voor en nadelen van de verschillende systemen zijn voor de situatie van WarmteStad gescoord in onderstaande tabel. Hieruit blijkt een ATES (WKO) systeem meest passend.

Techniek	ATES	BTES	TTES	PTES	CTES	FTES
Warmtehoeveelheid	++	--	-	++	+	++
Temperatuur tot 45°C	+	+	++	++	++	++
Ruimtebeslag	++	++	---	--	++	++
Diepte	+	+	++	+	--	--
Kosten	++	-	---	--	--	---
Rendement	+	+	++	++	++	++

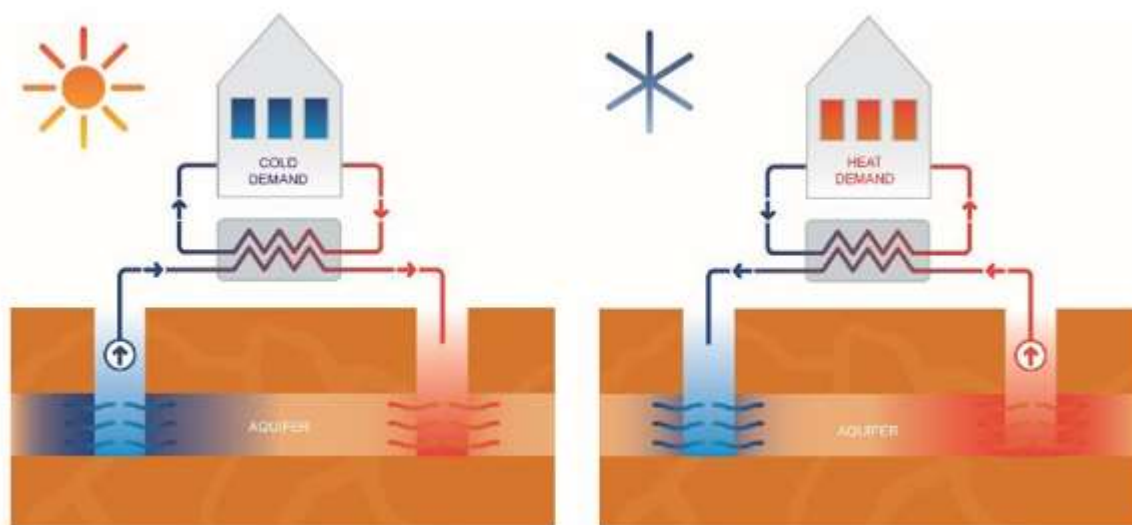
### 3.2. Uitwerking ATES

Een Aquifer Thermal Energy Storage, afgekort ATES is in Nederland beter bekend als Warmte Koude Opslag ofwel WKO.

WKO's worden vooral toegepast in nieuwbouwsituaties waarbij met warmtepompen het relatief koude water in watervoerende pakketten in de zomermaanden uit een bron wordt gepompt en gebruikt voor koeling van gebouwen. Het opgewarmde water wordt opgeslagen via een andere bron in dezelfde bodem en dient in de winter als bron voor een warmtepomp waarbij het bronwater afkoelt en weer in de koude bron wordt geïnjecteerd. De warmtepomp geeft aan de condensorzijde haar warmte weer af aan het gebouwverwarmingssysteem.

Het ontwerpen, bouwen en beheren van een WKO systeem vraagt om de nodige expertise. WarmteStad heeft verschillende WKO's in beheer maar laat zich voor ontwerp en bouw begeleiden door partijen die hierin zijn gespecialiseerd.

Voor de ATES in Groningen bleek IF technology uit Arnhem de partij die naast technisch kennis over de wko ook ervaring heeft met regelgeving rondom de vergunningverlening. Dit is van grote waarde gebleken omdat de temperaturen die WarmteStad op wil kunnen slaan, hoger zijn dan gebruikelijk in een WKO.



### 3.2.1. Vergunningverlening

Bestaande regelgeving van een WKO is beperkt tot een maximale opslagtemperatuur van 25°C. Redenen hiervoor is dat de provincie als bevoegd gezag er op toe ziet dan de bodembiologie en chemie in ondergrond niet onomkeerbaar en ongewenst verstoord worden.

Het wettelijke kader voor een bodemenergiesysteem tot 500 m-mv is vastgelegd in de Waterwet en het Besluit Bodemenergiesystemen (AMvB Bodemenergie 2013); Vanaf 500 -m-mv is de Mijnbouwwet van toepassing.

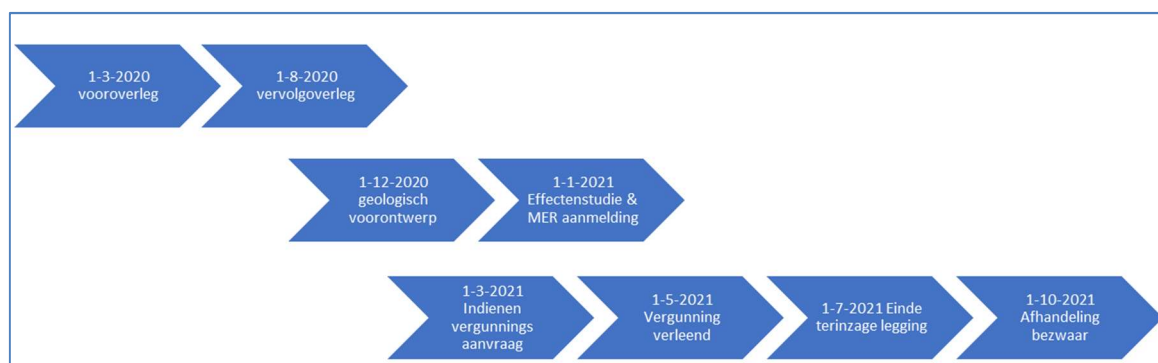
De Besluitvorming Uitvoerings Methode bodemenergie (BUM) biedt wel ruimte voor afwijking van de standaardvoorschriften, mits het een onderzoeksproject betreft en noemt specifiek dat HTO (Hoge Temperatuur Opslag) daar ook onder valt.

De maximale temperatuur die WarmteStad wil injecteren bedraagt ca. 45°C. Deze temperatuur sluit aan bij de grootste toekomstige volumestroom vanuit restwarmte.

Het wettelijk kader biedt dus wel ruimte om voor een HTO-systeem vergunning te verlenen mits het belang van de bescherming van de bodem zich daartegen niet verzet. De provincie Groningen heeft in haar *visie op de ondergrond* opgenomen dat zij zich daar waar mogelijk, wil inzetten om HTO te faciliteren.

WarmteStad is vroegtijdig met de provincie Groningen in overleg getreden om de mogelijkheden voor HTO te verkennen. Daardoor was veel tijd beschikbaar om in goede samenwerking vragen te formuleren en op te stellen. Daardoor kon uiteindelijk een gewone (snelle) procedure voor een bodemenergiesysteem worden doorlopen.

De totale doorlooptijd tussen het eerste overleg en de definitieve vergunningverlening bedroeg ca. 20 maanden.



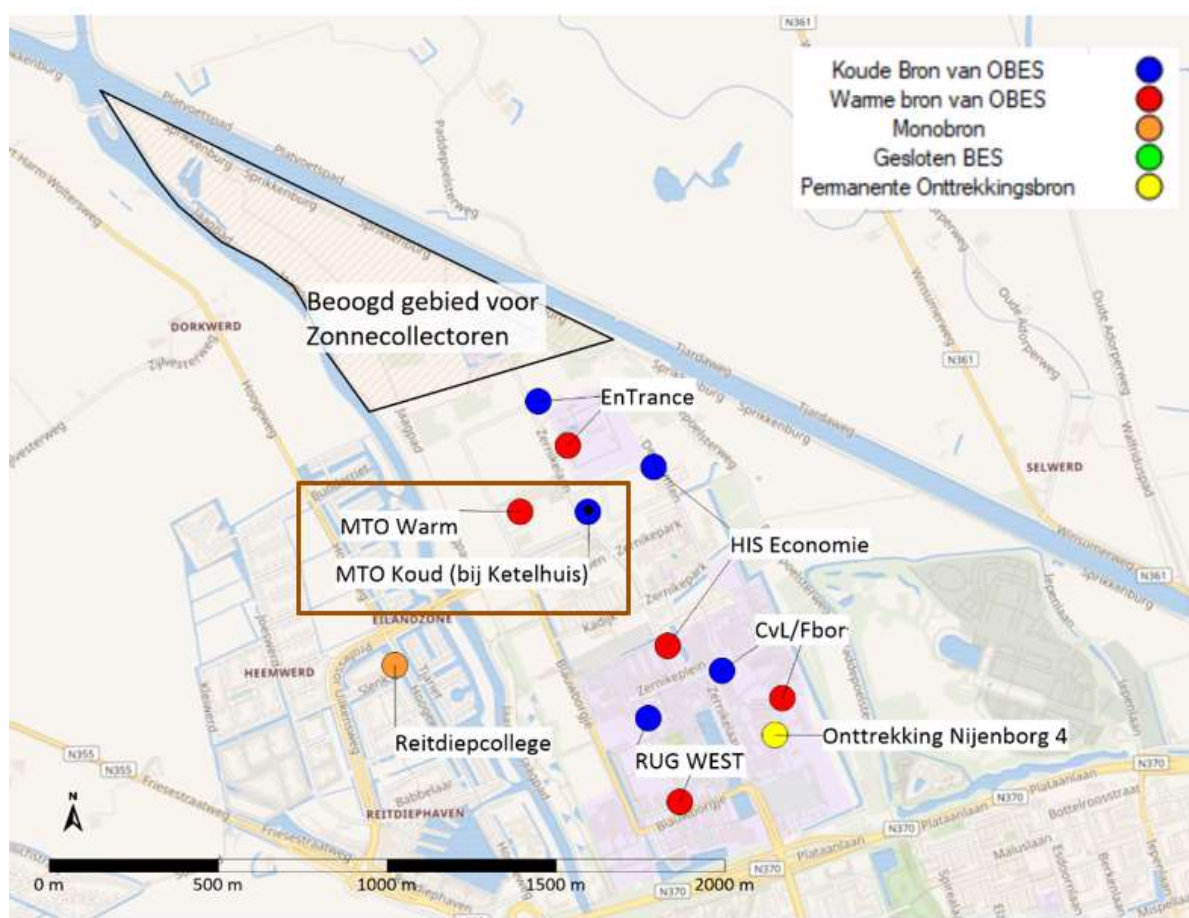
Tijdens de ter inzage legging van de vergunning werd 1 bezwaar ingediend. Dit bezwaar is niet ontvankelijk verklaard. De bezwaarmaker meende ten onrechte dat het ging om een vergunning voor geothermie. Een ontwikkeling die WarmteStad een aantal jaren geleden na zorgen van de toezichthouder SODM heeft gestaakt.

Het duurde vervolgens lang voordat duidelijk werd of de indiener van het bezwaar al dan niet beroep had aangetekend tegen het niet ontvankelijkheids-besluit. Dat bleek uiteindelijk niet het geval.

### 3.2.2. Locatie keuze wko

De bodem in de gemeente Groningen is bijzonder geschikt voor WKO. In de bodem moet zich een watervoerende laag zand bevinden waaruit water kan worden gepompt en geïnjecteerd.

Door de goede geschiktheid zijn er meerdere gebouwen met een WKO systeem in Groningen en tevens op het Zernike terrein rondom de warmtecentrale van WarmteStad.



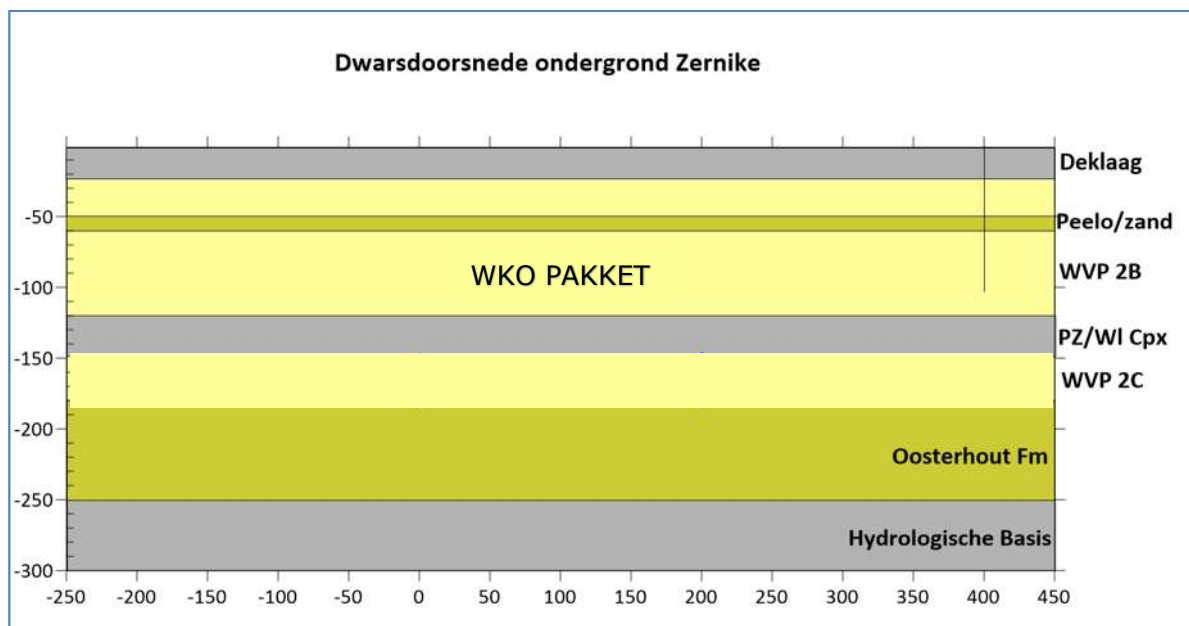
Aangezien de meeste warmte die moet worden opgeslagen afkomstig is uit de datacenters, is uitgangspunt om de ATES ook zo dicht mogelijk bij de warmtecentrale te plaatsen. Tussen de warme en koude bron van de ATES moet wel voldoende afstand zitten om te voorkomen dat water uit de koude bron de warme bron afkoelt. Die onderlinge afstand is afhankelijk van de bodemsamenstelling maar in orde grootte ca. 200 meter

De omliggende WKO bronnen mogen niet (negatief) worden beïnvloed door de warmteopslag van WarmteStad. Dat zou een weigeringsgrond kunnen zijn voor het vergunnen van het systeem.

### 3.2.3. Diepte bronnen

De bepaling of de bronnen niet interfereren met omliggende bronnen wordt door de adviseur onderzocht met bekende informatie over de lokale bodemopbouw en de reeds bestaande wko's.

Daarvoor maken zij gebruik van speciale software waarin de opbouw van de ondergrond is opgenomen en hydrologische simulaties kunnen worden uitgevoerd van langjarige gebruik van bronnen. (Heat and Solute Transport Software (HST3D))

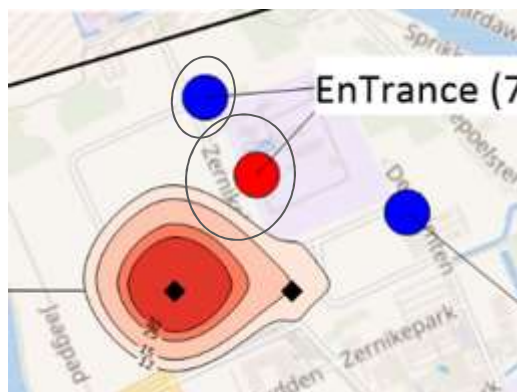


Hieruit bleek al snel dat warmteopslag op 45°C in de bestaande wko laag (Watervoerend pakket 2B), de omliggende wko's zou gaan beïnvloeden.

Warm water verspreidt zich gemakkelijk door de poreuze zandlaag in pakket 2B waardoor de wko's in de nabijheid van de warmtecentrale veel warmer zouden worden. Daarmee zouden die wko's de gebouwen mogelijk niet meer kunnen koelen.

In de afbeelding is de projectie van isothermen van de MTO te zien die zich uitstrekken tot aan de omliggende wko bronnen. (HST3D).

De isothermen van de wko bronnen van Entrance overlappen elkaar. Daardoor zal het WKO systeem van Entrance waarschijnlijk niet goed meer werken.

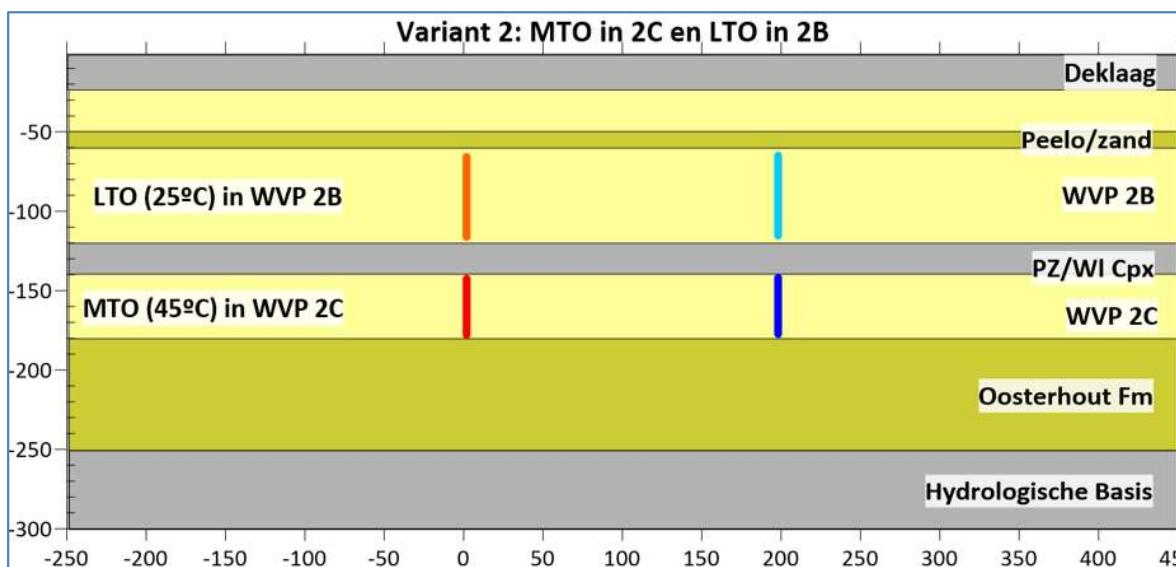




Daarom is gekeken naar een dieper gelegen zandlaag (watervoerend pakket 2C). Deze zandlaag wordt aan de bovenzijde begrensd door een kleilaag. Dat betekent dat water uit dit pakket niet omhoog kan stromen naar het wko pakket.

Het 2C pakket is echter minder dik dan 2B waardoor het minder capaciteit heeft. Daarom is het idee ontstaan om de ATES te verdelen in 2 systemen.

Het eerste systeem bevindt zich in het gewone wko pakket waarbij water van maximaal 25°C wordt geïnjecteerd. Het tweede systeem wordt in het 2C pakket gerealiseerd waarbij maximaal 45°C wordt geïnjecteerd.

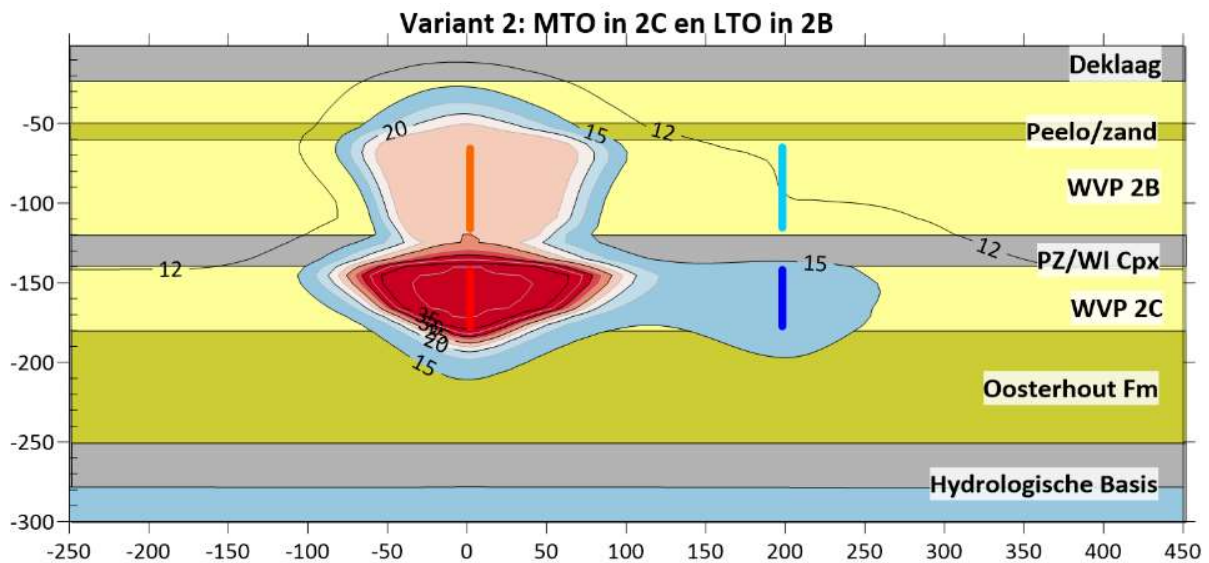


De beide systemen liggen recht boven elkaar. Ingeval onverhoopt er toch water uit 2C door de kleilaag heendringt zal dit niet de omliggende bronnen beïnvloeden maar komt het ten goede aan de energieopslag in de LTO-wko van WarmteStad zelf.

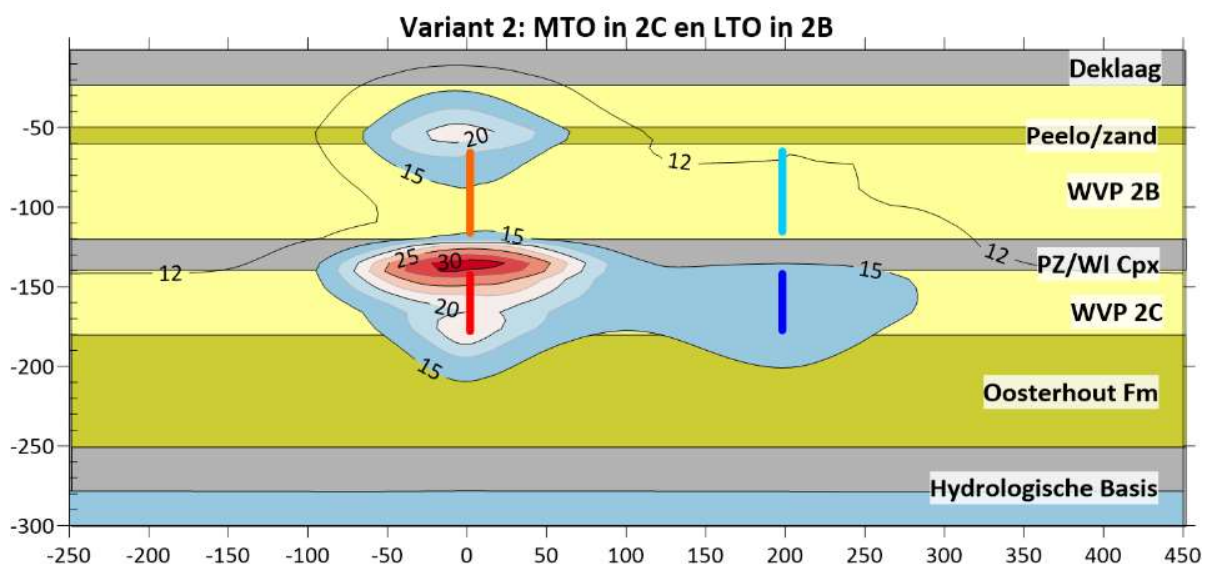
### 3.2.4. Thermisch gedrag

Het simulatie model rekent aan de hand van de bodemsamenstelling en de maximale bron capaciteiten die horen bij de watervoerende lagen 2B en 2C, uit tot hoever het warme water zich maximaal verspreidt en hoe die verspreiding eruit zit wanneer die warmte in de winter weer wordt onttrokken.

Onderstaande afbeelding toont de dwarsdoorsnede aan het einde van de zomer waarin de beide systemen maximaal geladen zijn met het warme water van 25°C en 45°C.



Onderstaande afbeelding toont de dwarsdoorsnede aan het einde van de winter waarin de beide systemen maximaal ontladen zijn.



Een klein deel van het warme water blijft achter. De temperatuur van de onttrekking daalt aan het eind van de winter door het toestromen van koud water richting de warme bron. Om te voorkomen

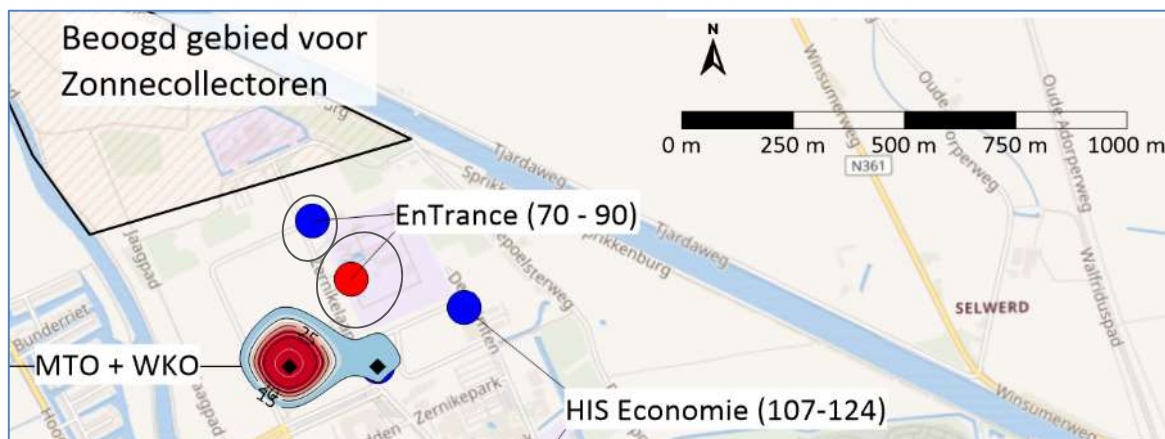
dat de temperatuur van het water uit de warme bron teveel daalt, wordt al gestopt met de winning nog voordat alle warmte uit de bron geheel gewonnen is. Er blijft dus een gering deel warmte over. Die warmte is bij de volgende cyclus nog grotendeels aanwezig. Het kost zo enkele jaren en cycli, voordat de bronnen een stabiel warmtebeeld vertonen. Het volstaat derhalve niet om slechts voor 1 jaar de simulatie uit te voeren. Daarom wordt de simulatie over meerdere jaren uitgevoerd.

De simulaties rekent ook verschillende scenario's door. De ondergrond blijkt in de praktijk lokaal te kunnen verschillen. Daardoor is zowel een best case als een worst case situatie nodig om te beoordelen of het systeem voldoet aan de uitgangspunten en randvoorwaarden.

Deze simulaties vormen daarmee ook onderdeel van de vergunningsaanvraag waarop de provincie Groningen haar oordeel baseert.

Uit de simulaties blijkt dat de beide ATES systemen zelfs in de worst case situaties geen negatieve invloed hebben op de omliggende bronnen. Dat gegeven is een harde randvoorwaarde voor het kunnen vergunnen van het systeem.

In onderstaande afbeelding is de projectie van de isothermen van de MTO bron weergegeven.

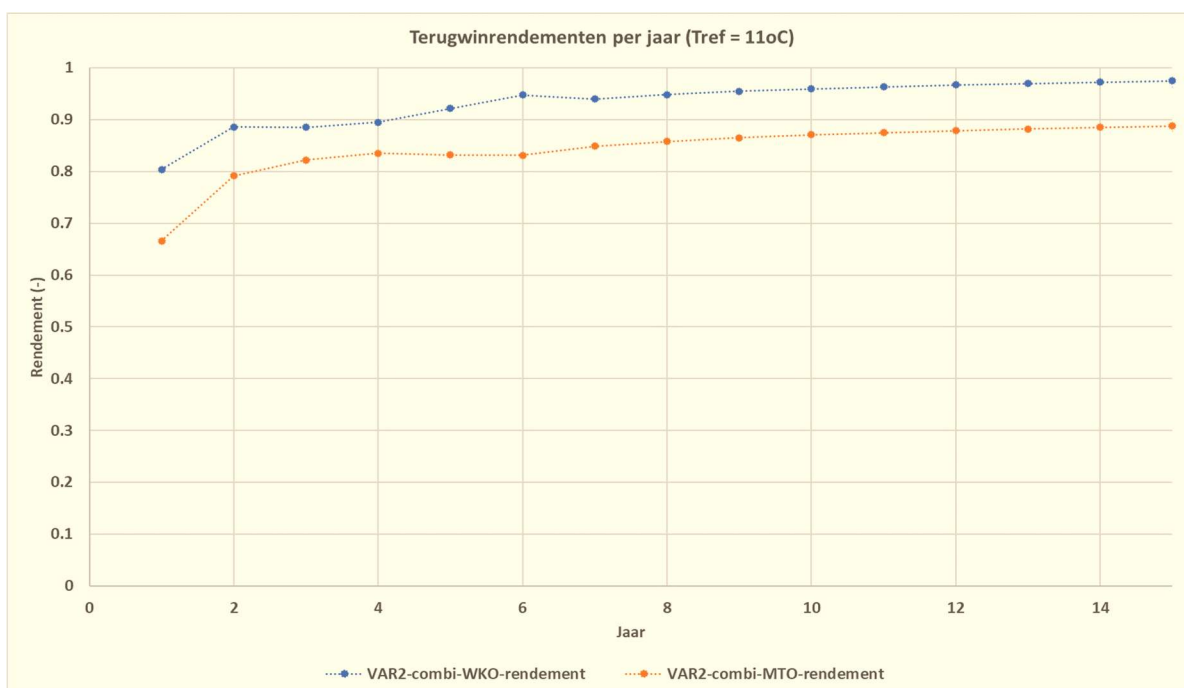


De isothermen van de MTO overlappen de isothermen van de andere WKO bronnen niet. Bovendien liggen de MTO en de WKO bronnen dus in verschillende watervoerende zandpakketten. Interferentie is daarmee geheel niet aan de orde.

### 3.2.5. Rendement

Van groot belang is vanzelfsprekend is wat het opslag rendement van het systeem is. Vanuit zowel duurzaamheids- als economisch perspectief mag er niet teveel opgeslagen warmte weglekken.

Met het HST3D model zijn de rendementen van de beide systemen berekend. In onderstaande grafiek is af te lezen dat het rendement over de jaren toeneemt. Dit is overeenstemming met het gegeven dat het enkele jaren duurt voordat er zich een stabiel ondergronds warmtebeeld ontstaat. Het hele bodemsysteem heeft dus tijd nodig om optimaal te presteren.



In het eerste jaar zal een betrekkelijk groot deel van de warmte achterblijven. Zo wordt voorkomen dat de temperatuur van de onttrekking teveel daalt door het aanzuigen van koud water uit het omliggende watervoerend pakket. Na jaar 1 is dat omliggende watervoerend pakket door de achtergebleven warmte al voor geladen waardoor het rendement een sprong maakt. In de navolgende jaren is dat effect minder maar blijft het rendement stijgen tot gemiddeld bijna 95%.

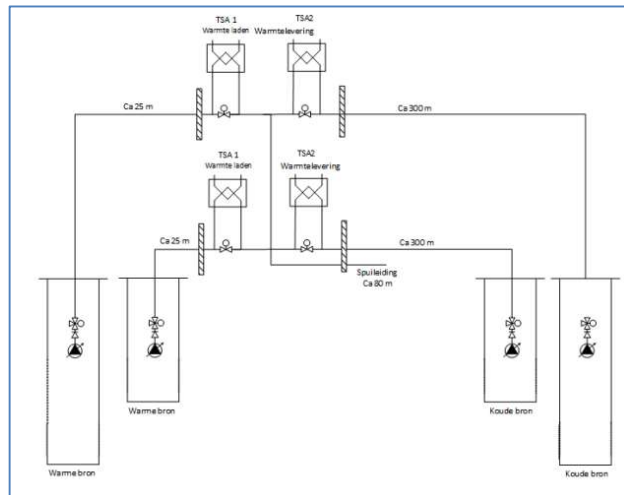
Daarbij komt warmte uit de MTO die door geleiding weglekt uit 2C, terecht in pakket 2B. Zo komen verliezen uit 2C dus ten goede aan het rendement van 2B. Dat verklaart ook deels het hoge rendement van het 2B systeem.

### 3.2.6. Systeemontwerp

Het systeem ontwerp heeft een schetsniveau dat verdere uitwerking behoeft. Het geeft evenwel een goed beeld van de combinatie van de beide systemen en is tevens uitgangspunt voor het bepalen van de investeringskosten.

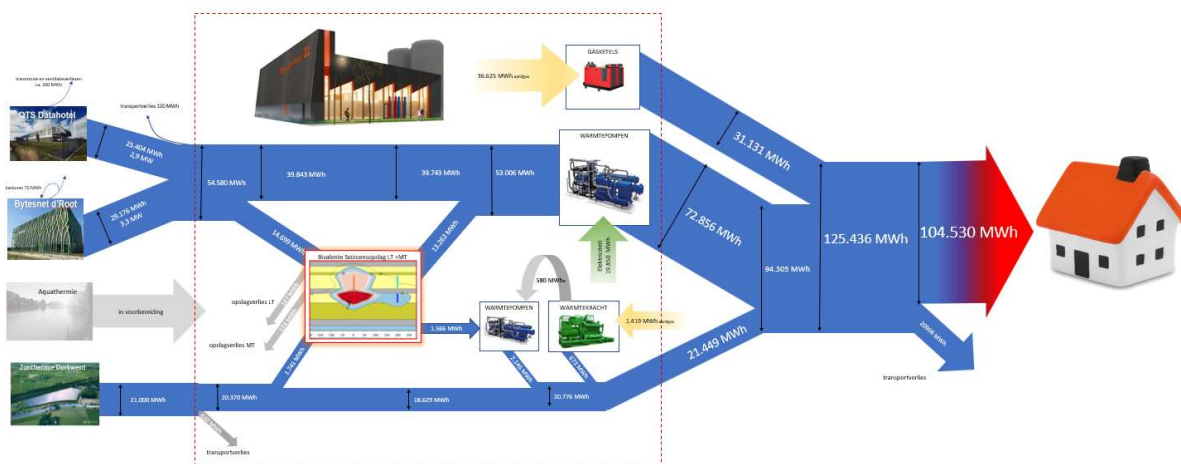
De warme bronnen zijn uiteindelijk gekozen op het terrein van de warmtecentrale. Dat scheelt een lang tracé met een geïsoleerd leidingnet. Het korte warmtenet scheelt zo in de kosten en levert nog minder (transport-) verliezen op.

Ten tijde van de bronkeuze voor restwarmte datacenters en het ontwerp van de warmtecentrale was seizoenopslag niet in beeld. Daarom wordt de seizoenopslag op basis van het systeemontwerp achteraf geïntegreerd in de centrale.



Het ontwerp was nog wel op tijd beschikbaar om alvast rekening te houden met leidingdoorvoeren en opstelruimte van pompen in de in aanbouw zijnde warmtecentrale.

Binnen het totale energiesysteem neemt de seizoenopslag straks een prominente rol in. Die rol is schematisch weergegeven in onderstaand Sankey diagram.



## 4. Kosten/baten

Nu bekend is welk opslagrendement het systeem heeft en welke bronconfiguratie benodigd is kan ook een inschatting worden gemaakt van de benodigde kosten en baten.

### 4.1. Exploitatiekosten

Zonnewarmte heeft een kostprijs voor WarmteStad terwijl restwarmte gratis is. Echter, op beide warmtebronnen wordt SDE++ subsidie verstrekt. Het opslaan van restwarmte ten koste van warmte uit zonthermie is daarmee gunstig voor WarmteStad. Immers, de gratis warmte wordt dan opgeslagen waarna bij gebruik in de winter ook nog eens SDE subsidie wordt verkregen.

Restwarmteopslag ten koste van opslag van zonthermische warmte is echter zeer ongunstig voor de ontwikkelaar van het zonthermie park. De ontwikkelaar mist naast inkomsten voor de zonnewarmte (26€/MWh) dan ook geen SDE++subsidie (55€/MWh).

Door de ontwikkeling van het warmtenet vervalt na 2027 de noodzaak om in de zomermaanden warmte uit zonthermie op te slaan. De verdrongen warmte bestaat dan nagenoeg geheel uit restwarmte uit de datacenters.

De opslag strategie bevat in de eerste jaren dus zogenaamde split incentives te zijn die binnen de contractvorming tussen WarmteStad en Dorkwerd Zonthermie BV. worden opgelost.

Voor de onderhouds- en exploitatiekosten zijn kentallen aangehouden van WarmteStad die ontleend zijn aan haar andere WKO projecten. Deze bestaan uit kosten voor elektriciteit, vervanging en onderhoud en personeelslasten.

Daarnaast zijn er extra energie kosten door het opslaan en opwaarderen van zonthermische warmte gedurende de eerste jaren.

## 4.2. Investeringskosten

Voor de kosten van de beide bodemenergiesystemen is gebruik gemaakt van ervaringsgetallen van zowel WarmteStad als haar adviseur IF technology. Door de beperkte temperaturen (max 45°C) kan (nagenoeg) geheel gebruik worden gemaakt van bestaande WKO techniek. Dat is een groot voordeel dat hoort bij de beperking tot deze temperatuur. Hogere temperaturen vereisen andere technieken, diepere boringen en duurdere materialen.

De geraamde investeringen weer in het bodemenergiesysteem bedragen, in totaal ca. 1 M€.

Onderdeel		WKO	MTO
Bronnen, putbehuizing, bronpompen	€	230.000	305.000
Transportleiding + kabels	€	110.000	80.000
Leidingwerk, appendages, regeling technische ruimte	€	120.000	80.000
<b>Subtotaal grondwatersysteem</b>	<b>€</b>	<b>460.000</b>	<b>465.000</b>
Onvoorzien (ca 10%)	€	45.000	45.000
<b>Totaal</b>	<b>€</b>	<b>505.000</b>	<b>510.000</b>

Naast de investering in het bodem energiesysteem zijn er investeringen nodig in de warmtecentrale en tussen de warmtecentrale en het zonthermie park, die behoren bij het energieconcept waarvan het bodemsysteem deel uit maakt. In dat concept zitten tevens warmtepompen, warmtekrachtmotoren, bouwkundige maatregelen etc. Deze investeringen in het totale energieconcept lopen zo op tot bijna 9 M€.

### 4.3. Subsidies

Voor innovaties kunnen verschillende subsidies worden verkregen.

Zo is dit haalbaarheidsonderzoek mede mogelijk gemaakt door een bijdrage met een warmtevoucher vanuit de Interreg.

Uit een uitgebreide analyse en businesscase blijkt het gehele duurzame energiesysteem haalbaar te zijn na een investeringssubsidie van ca. 4 M€. Deze subsidie 2x2M€ is inmiddels verstrekt vanuit het NPG door de gemeente Groningen en de provincie Groningen. Het zonthermie project kan alleen door gaan dankzij de seizoensopslag en de NPG investeringssubsidie aan WarmteStad.

De seizoensopslag slaat grote hoeveelheden restwarmte op die anders niet benut had kunnen worden (>15 GWh) De benutting van deze restwarmte is tevens subsidiabel vanuit de SDE. De opslag vormt dus zowel een extra versterking van de duurzame doelen als de betaalbaarheid van duurzame warmte.

De daadwerkelijke realisatie, monitoring en besturingsstrategie van het energiesysteem is complex en valt buiten de scope van dit onderzoek maar zal in de komende jaren met ondersteuning vanuit de DEI+ worden onderzocht en gevolgd.

Onderzoeksinstituut KWR uit Nieuwegein zal daartoe in de komende jaren t/m 2024 samen met WarmteStad het onderzoek opzetten in uitvoeren.





## 5. Conclusies en aanbevelingen

Het onderzoek naar de seizoensopslag heeft een periode van ca. 2 jaar in beslag genomen. Waarin veel inzichten en deelconclusies zijn verkregen. De belangrijkste conclusies en aanbevelingen van de haalbaarheidsstudie zijn:

- 1) In een situatie waarin duurzame warmtebronnen langere tijd meer warmte leveren dan de vraag naar warmte is biedt seizoensopslag uitkomst.
  - a. dit geldt voor het warmtenet van WarmteStad maar eigenlijk voor alle warmtenetten die zoeken naar mogelijkheden om meerdere duurzame bronnen te combineren.
- 2) Er zijn verschillende beproefde warmteopslag methoden voor seizoensopslag. Bepalend voor de keuze zijn temperatuurniveau, benodigd volume, beschikbare ruimte en investeringsruimte. Een keuze matrix kan helpen de juiste keuze te maken.
  - a. In de situatie van WarmteStad bleek een ATES systeem de beste keuze.
- 3) Opslag van 45°C warmte in een ander watervoerend pakket dan het WKO pakket voorkomt interferentie met WKO bronnen en maakt het systeem vergunbaar.
- 4) De keuze van maximaal 45°C biedt veel voordelen
  - a. Er kan gewone WKO techniek worden gebruikt. Dat bespaart materiaal en uitvoeringskosten.
  - b. Er hoeft minder diep te worden geboord omdat interferentie lager is dan bij HTO
  - c. Hogere temperaturen vragen om nog grotere opslagvolumes en kennen een lager opslagrendement.
- 5) Ga vroegtijdig in overleg met het bevoegd gezag. Er is nog weinig beleid ontwikkeld over MTO en HTO bij de provincies. Door vroegtijdig overleg is er tijd om samen antwoorden te zoeken op de vele vragen.
- 6) Zie het seizoensopslag systeem niet als separaat onderdeel. Het maakt deel uit van een groter energiesysteem dat integraal beoordeeld moet worden op haalbaarheid. Zonder seizoensopslag kunnen andere belangrijke onderdelen van het energiesysteem niet worden gerealiseerd.(zonthermie)
- 7) Voor duurzame energie innovaties zoals de seizoensopslag kunnen verschillende subsidie worden verkregen waaronder NPG, Interreg, DEI+ en SDE subsidie. Opgeslagen restwarmte is bij benutting in de winterperiode subsidiabel. (mits onderdeel van de beschikking)